

PERPETAAN

PENULIS
Christy Gery Buyang

ISBN 978-634-255-614-4 (PDF)

PERPETAAN

Christy Gery Buyang

GET PRESS INDONESIA

PERPETAAN

Penulis : Christy Gery Buyang

ISBN : 978-634-255-816-4

Editor : Mila Sari, M. Si.
Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S. Pd.
Kontributor : Okfrianti Adeleydia Makor Takome
Sinta Widya Nathalien Pattiwaellapia

PENERBIT : GET PRESS INDONESIA
Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022
Jl. Palarik RT 01 RW 06 Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tangah Padang Sumatera Barat
website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Oktober 2026

Hak cipta dilindungi undang-undang.
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karna atas limpahan berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan buku Perpetaan ini. Buku ini membahas konsep dasar pengukuran, sistem koordinat dan bidang referensi, penggunaan alat-alat survey, pengolahan data lapangan, serta penyajian peta teknis dalam bidang Teknik Sipil. Penyusunan buku ini dapat terselesaikan berkat kerja sama seluruh anggota tim penulis. Untuk meningkatkan kualitas buku ini serta memberika kepuasan bagi pembaca, kami sangat mengaharapkan kritik dan saran yang membangun.

Penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penyelesaian buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Teknik Sipil serta masyarakat Indonesia pada umumnya.

Ambon, September 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI ii

BAB 1 KONSEP PENGUKURAN 1

1.1 Definisi Perpetaan dan Ilmu Ukur Tanah (*Surveying*) 1

1.2 Sejarah dan Perkembangan Alat Survey 3

1.3 Ketelitian dan Jenis-jenis Kesalahan Pengukuran 6

1.4 Etika dan K3 Survei Lapangan 10

1.5 Dasar-dasar Kartografi dan Penyajian Peta Teknis 25

BAB 2 SISTEM KOORDINAT DAN BIDANG REFERENSI 31

2.1 Dasar Sistem Geospasial 31

2.2 Bidang Referensi; Geoid, Ellipsoid, dan Permukaan Bumi 40

2.3 Proyeksi Peta dan Sistem Koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*) 45

2.4 Datum Geodesi Nasional (SRGI 2013) 47

BAB 3 PENGUKURAN WATERPAS 51

3.1 Prinsip Dasar Sipat Datar (Waterpas) 51

3.2 Peralatan dan Kalibrasi Alat 58

3.3 Metode Pengukuran Beda Tinggi (Memanjang, Melintang, Luas) 62

3.4 Pembukuan Lapangan dan Koreksi Kesalahan Penutup Tinggi 76

BAB 4 PENGUKURAN POLIGON 79
4.1 Definisi dan Klasifikasi Poligon dalam Survei 79
4.2 Pengukuran Sudut Horizontal dan Azimuth 82
4.3 Perhitungan Koordinat dan Koreksi *Bowditch*/Transit 85
4.4 Aplikasi Total Station dalam Pengukuran Poligon 97
BAB 5 LUAS DAN VOLUME 113
5.1 Metode Perhitungan Luas Area (Koordinat, Planimeter, Geometri) 113
5.2 Konsep Galian dan Timbunan (*Cut and Fill*) 119
BAB 6 PENGOLAHAN DATA DAN CIVIL 3D 127
BAB 7 PRAKTIKUM 135
7.1 Waktu dan Lokasi Pengukuran 135
7.2 Alat-Alat yang Digunakan 136
7.3 Prosedur Praktikum 138
7.4 Uraian Tugas 139
DAFTAR PUSTAKA 141
BIODATA PENULIS 143

BAB 1
KONSEP PENGUKURAN

Oleh C G Buyang

1.1 Definisi Perpetaan dan Ilmu Ukur Tanah (*Surveying*)

Survei adalah suatu disiplin yang menggabungkan ilmu, seni, dan teknologi untuk menentukan letak relatif, baik di atas maupun di bawah permukaan bumi. Secara umum, survei (atau geomatika) mencakup semua teknik pengukuran dan pengumpulan informasi mengenai karakteristik fisik bumi dan lingkungannya, serta proses pengolahan dan penyebaran produk-produk yang dihasilkan untuk berbagai keperluan.

Peran survei telah menjadi sangat signifikan sejak awal perkembangan manusia, dimulai dari upaya pengukuran dan penandaan batas-batas properti tanah. Seiring berjalannya waktu, minat terhadap bidang survei terus meningkat sejalan dengan permintaan akan berbagai jenis peta dan informasi spasial lainnya, serta meningkatnya kebutuhan akan penetapan garis yang akurat untuk mendukung proyek konstruksi dan kegiatan lainnya.

Saat ini, mengukur dan memantau lingkungan sangatlah penting karena beberapa alasan. Pertama, populasi manusia terus bertambah, menyebabkan tekanan lebih besar pada lingkungan. Kedua, harga tanah semakin tinggi sementara sumber daya alam semakin terbatas. Ketiga, aktivitas manusia

telah mengakibatkan penurunan kualitas tanah, air, dan udara kita. Dalam era modern seperti sekarang, dengan bantuan komputer dan teknologi satelit, para surveyor dapat melakukan pengukuran dan pemantauan global terhadap bumi dan sumber daya alamnya. Ada banyak informasi yang tersedia untuk membantu dalam pengambilan keputusan perencanaan dan formulasi kebijakan terkait berbagai aspek penggunaan lahan, pengembangan sumber daya, serta upaya pelestarian lingkungan.

Seiring meningkatnya kebutuhan akan jasa survei dan pemetaan, Ikatan Surveyor Internasional (IFS) mendefisinikan surveyor sebagai berikut: seorang surveyor merupakan individu yang memiliki kualifikasi pendidikan serta keahlian teknis yang memadai untuk melaksanakan kegiatan berikut:

- Mengidentifikasi, mengukur, dan memahami topografi permukaan tanah, objek tiga dimensi, titik-titik lapangan, dan lintasan.
- Mengumpulkan dan menginterpretasikan kondisi permukaan tanah serta informasi geografis dan ekonomi terkait.
- Memanfaatkan informasi tersebut untuk keperluan perencanaan, efisiensi administrasi, serta pengelolaan tanah, wilayah perairan, dan berbagai struktur lainnya.
- Menjalankan pembangunan wilayah perkotaan maupun pedesaan serta mengelola lahan.
- Melaksanakan kegiatan riset dan pengembangan

1.2 Sejarah dan Perkembangan Alat Survey

Peralatan survei dan pemetaan saat ini telah mengalami perkembangan yang pesat. *Theodolit* dan peralatan lainnya kini digantikan oleh sebuah instrument berteknologi modern, seperti *Total Station* yang mampu mengukur serta merekam jarak horizontal dan vertikal, sudut horizontal dan vertikal secara otomatis, *Global Positioning System* (GPS) yang dapat memberikan data lokasi secara akurat untuk hampir semua jenis survey, serta *Laser scanner instrumen* telah dikembangkan yang menyediakan gambar dalam bentuk digital, dan gambar-gambar ini dapat diolah untuk memperoleh informasi spasial dan peta baru menggunakan instrumen digital restitusi fotogrametri (disebut *softcopy Plotter*).







Alat Ukur Tanah (sebelum tahun 1945)

















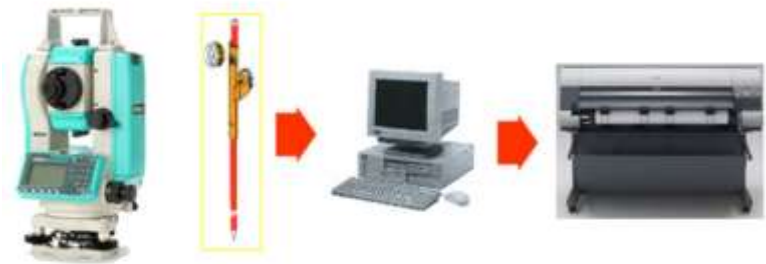












Kelemahan Alat Konvensional

- Kemungkinan kesalahan operator sangat besar
- Pembacaan data ukur membutuhkan perkiraan
- Pengukuran Jarak terbatas (max 150m)
- Pengukuran, Perhitungan dan Penggambaran membutuhkan waktu lama

Keunggulan Total Station

- Lebih Praktis dalam segala hal (pengambilan data, penyimpanan data)
- Kesalahan operator dapat dieliminir sekecil mungkin
- Spasi pengukuran bisa lebih jauh
- Pengukuran, Perhitungan dan Penggambaran menjadi lebih cepat dan efisien.
- Ketelitian bisa diandalkan.

1.3 Ketelitian dan Jenis-jenis Kesalahan Pengukuran

Pengukuran pada dasarnya merupakan proses pengamatan besaran fisis secara sistematik menggunakan instrumen khusus yang terikat pada batasan serta kondisi lingkungan tertentu.

PENGUKURAN → KESALAHAN

Jenis Kesalahan

Sesuai karakteristiknya, kesalahan dibedakan menjadi:

1. Kesalahan Kasar (*Mistake/Blunders*) – Contoh Human Error
2. Kesalahan Sistematis (*Systematic Error*)
3. Kesalahan Random/acak (*Occidental Error*)

Sumber Kesalahan

1. Faktor surveyor
2. Faktor peralatan Ukur
3. Faktor kondisi alam

Kesalahan Kasar

Kesalahan ini timbul akibat kurangnya ketelitian dalam pengukuran, terbatasan atau kurangnya pengalaman, atau kurangnya konsentrasi. Apabila terdapat kesalahan blunder maka dianjurkan untuk melakukan pengukuran ulang pada bagian yang diduga mengandung kesalahan tersebut.

Contoh kesalahan kasar :

- Salah membaca : Seharusnya 3˚ dibaca 8˚
- Salah mencatat data hasil ukuran : dalam pengukuran jarak yang seharusnya 10,8 meter ditulis 18,0 meter.
- Salah dengar

- Salah sasaran dalam membidik titik.

Untuk meminimalkan risiko kesalahan tersebut, dapat dilakukan beberapa hal berikut:

- Melakukan pengukuran lebih dari satu kali
- Menerapkan pengukuran dengan model dan Teknik tertentu
- Pengukuran dilakukan dengan 2 orang atau lebih sesuai tugasnya masing masing.

Kesalahan Sistematis

Biasanya kesalahan ini disebabkan oleh alat ukur itu sendiri, seperti Panjang pita, pembagian skala, dam pembagian lingkaran theodolite. Selain itu kesalahan dapat terjadi dikarenakan metode pengukuran yang kurang tepat. Sehingga kesalahan ini jelas ada dan dapat dihilangkan dengan cara :

- Alat dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk pengukuran.
- Mengoreksi data hasil pengukuran yang telah dikumpulkan.
- Melakukan koreksi pada pengolahan data
- Menggunakan prosedur pengukuran tertentu, contohnya pengamat pada dua posisi teropong (biasa dan luar biasa), kemudian hasilnya diambil nilai rata-ratanya.

Kesalahan Random/acak (occidental error)

Rata-rata hasil pengukuran yang diambil dari sejumlah besar percobaan terhadap suatu ukuran tertentu dalam kondisi pengukuran yang sama akan dikurangi dengan nilai sebenarnya dari ukuran tersebut. Dalam konteks pengukuran,

nilai sebenarnya ini biasanya diberikan oleh nilai yang tercantum dalam sertifikat kalibrasi peralatan pengukur atau standar pengukuran. Kesalahan sistematis yang dapat terjadi selama proses pengukuran dapat diestimasi dari dampak yang dapat teridentifikasi, sehingga estimasi kesalahan tersebut bisa diperbaiki dengan menggunakan nilai koreksi atau faktor koreksi.

Sumber Kesalahan dalam Pengukuran

1) Human error
   a) operator alat
   b) helper/tenaga lapangan
2) Peralatan yang digunakan
   a) model/type
   b) kalibrasi alat
3) Metode yang digunakan
   a) titik ikat
   b) kerangka pengukuran
   c) metode pengukuran
4) Faktor eksternal
   a) alam

Kesalahan acak (random) muncul akibat faktor-faktor yang tidak terduga:

1. Getaran atau gelomban di udara (undulasi)
2. Kondisi permukaan tanah tempat alat berdiri
3. Kecepatan angin atau keadaan atmosfer
4. Situasi yang dialami oleh pengamat ketika melakukan kegiatan pengukuran.

Sebab-sebab Kesalahan

1) Kesalahan Personil (Human Error)
   a) Kurang pemahaman terhadap karakteristik dan cara penggunaan alat ukur.
   b) Kurang memahami prosedur pengukuran yang benar.
   c) Tidak hati-hati.
   d) Kelelahan fisik.

2) Kesalahan Sistematis
   a) Factory setting.
   b) Perbedaan merk peralatan yang digunakan

3) Kesalahan acak karena alam
   a) Refraksi atmosfer.
   b) Radiasi sinar matahari langsung.
   c) Kelengkungan bumi.

Reduksi Kesalahan

1). Human error

   a) Pemahaman karakteristik dan penggunaan alat ukur.
   b) Memahami prosedur dan standar kerja yang benar.
   c) Menekankan sikap hati-hati dalam bekerja (*awareness*).
   d) Menjaga stamina jika hendak bekerja.

2. Kesalahan sistematis

   a) Kalibrasi alat secara berkala.
   b) Melakukan pengukuran yang berulang > memberikan data lebih.

3. Kesalahan acak karena alam:

a) Melakukan pengukuran dengan melihat kondisi alam: waktu, cuaca, keadaan tanah.
b) Mereduksi kelengkungan bumi

Reduksi Kelengkungan Bumi

dD ={(1-K)s2}/2R

dD : koreksi kelengkungan bumi

K : koefisien refraksi (0.13)

R : jari-jari kelengkungan bumi

S : jarak horizontal

Berdasarkan hitungan praktis, reduksi kelengkungan bumi pada jarak setiap 300 meter adalah sebesar 1 cm.
Dalam IUT (*Islamic University of Technology*), hasil pengamatan dikoreksi dengan metode ilmu hitung perataan (*Adjustment*).

Kesalahan sistematik tidak dapat dikoreksi, missal: Kesalahan sistematik "s" maka dalam "n" pengamatan terdapat kesalahan "s,n".

Hasil koreksi rata-rata : (s.n/n) = n → tetap ada / tidak hilang

1.4 Etika dan K3 Survei Lapangan

Etika Survei Lapangan

Survei lapangan merupakan tahap awal yang krusial dalam siklus proyek teknik sipil. Keberhasilan sebuah konstruksi sangat bergantung pada validitas data spasial yang diperoleh melalui pengukuran lapangan. Namun, proses

perolehan data ini melibatkan interaksi kompleks antara sumber daya manusia, peralatan presisi, serta kondisi lingkungan yang dinamis. Oleh karena itu, pemahaman mendalam mengenai etika profesi dan prosedur Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) menjadi pondasi utama bagi seorang surveyor sebelum mengoperasikan instrumen di lokasi kerja. Secara teoritis, etika mencakup spektrum yang luas, mulai dari prinsip filosofis hingga penerapan praktis pada organisasi profesional. Dalam konteks survei pemetaan, etika berfungsi sebagai "kompas moral" untuk memastikan bahwa seluruh rangkaian pengambilan data dilakukan secara bertanggung jawab.

Ditinjau dari perspektif filosofis, etika mempelajari nilai-nilai yang mempengaruhi perilaku manusia dengan menghubungkan tindakan nyata terhadap rasa benar dan salah (Brinker & Minnick, 1995)[1]. Dalam praktik survei, aspek ini diterjemahkan sebagai **etika individu**, di mana seorang surveyor wajib menjunjung tinggi kejujuran intelektual. Salah satu bentuk pelanggaran berat terhadap hati nurani dan integritas profesional adalah tindakan memanipulasi angka pada catatan lapangan demi mencapai toleransi kesalahan yang diinginkan, atau yang dikenal dengan istilah *fudging*.

Selanjutnya, terdapat **etika terapan** yang berkaitan dengan kebijakan moral di tingkat organisasi atau perusahaan, serta **etika kelompok** yang merupakan sistem prinsip yang diterima oleh komunitas profesional tertentu. Sebagaimana ditegaskan dalam standar internasional maupun nasional, organisasi profesi seperti *International Federation of Surveyors* (FIG) dan Ikatan Surveyor Indonesia (ISI) telah menetapkan kode perilaku (*code of conduct*) yang wajib dipatuhi untuk menjaga kepercayaan publik (Ghilani & Wolf, 2015)[2].

Dalam implementasi praktis di lapangan, etika profesi juga mewajibkan surveyor untuk menghormati hak milik pribadi dan kearifan lokal setempat. Oleh sebab itu, seorang surveyor harus memastikan hal-hal berikut:

1. **Legalitas dan Sosialisasi:** Memastikan akses ke lahan milik warga telah mendapatkan izin resmi melalui prosedur sosialisasi yang transparan.
2. **Penempatan Titik Kontrol:** Pemasangan patok tetap atau *Benchmark* (BM) harus dilakukan sedemikian rupa agar tidak merusak estetika, fungsi lahan, maupun fasilitas umum milik masyarakat.
3. **Kelestarian Lingkungan:** Menjamin bahwa seluruh aktivitas survei—termasuk pembuatan rintisan jalan—tidak meninggalkan dampak negatif atau kerusakan permanen terhadap ekosistem sekitar.

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) bukan sekadar aturan tambahan dalam survei lapangan, melainkan sebuah sistem manajemen yang menjamin keutuhan fisik dan mental seluruh personel tim survei. Dalam praktik Teknik Sipil, K3 berfungsi sebagai instrumen untuk meminimalkan *downtime* proyek akibat kecelakaan dan memastikan bahwa data teknis diperoleh dalam kondisi lingkungan yang terkendali.

Secara legal, penerapan K3 di Indonesia berpijak pada **Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja** yang mewajibkan setiap tempat kerja memiliki standar perlindungan bagi tenaga kerjanya. Dalam konteks akademik dan profesional, mahasiswa harus memahami K3 melalui tiga pilar utama berikut:

1.4.1 Manajemen Risiko di Berbagai Medan

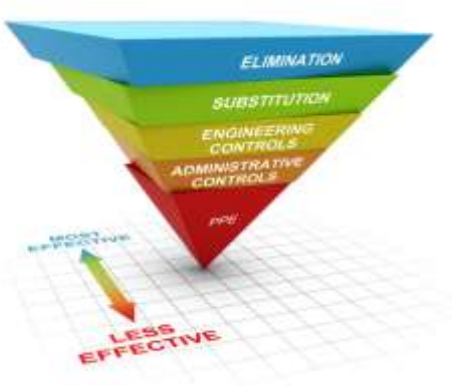
Seorang surveyor teknik sipil harus memiliki kemampuan proaktif dalam melakukan identifikasi bahaya kerja (*Hazard Identification*). Secara definisi, identifikasi bahaya kerja adalah proses mengenali potensi kondisi, tindakan, atau situasi yang dapat menimbulkan kecelakaan, penyakit kerja, atau kerugian material. Langkah ini merupakan fondasi fundamental dalam manajemen keselamatan yang bertujuan mengenali potensi sumber risiko di lingkungan kerja agar dapat dilakukan pencegahan dini melalui pengendalian risiko sebelum menimbulkan insiden kecelakaan atau kerugian yang nyata.

Secara teori, proses ini umumnya diterapkan pada identifikasi bahaya dan konsekuensi dari urutan kecelakaan yang dianggap masuk akal (*plausible*) dari setiap jenis bahaya yang ditemui. Namun, dalam realitas lapangan teknik sipil yang dinamis, kecelakaan yang semula dianggap "tidak masuk akal" memiliki kebiasaan untuk tetap terjadi dalam praktiknya. Dengan demikian pengendalian risiko di berbagai medan tidak boleh hanya terpaku pada standar baku, melainkan harus mencakup kewaspadaan terhadap situasi-situasi anomali yang mungkin muncul di lokasi kerja (Hallowell & Gambatese, 2009)[1].

Berikut adalah rincian manajemen risiko berdasarkan karakteristik medan yang spesifik:

A. Area Konstruksi Aktif (*High-Activity Zone*)

Lokasi konstruksi adalah lingkungan yang sangat dinamis dengan mobilitas alat berat dan personel yang masif.



- **Identifikasi Bahaya:** Tabrakan dengan alat berat (ekskavator, *dump truck*), tertimpa benda jatuh dari *crane*, terperosok ke lubang galian yang belum ditandai, dan gangguan pendengaran akibat kebisingan ekstrem.
- **Pengendalian Risiko (Detail):**
    1. **Eliminasi & Substitusi:** Melakukan survei saat jam istirahat operator alat berat jika memungkinkan untuk mengurangi interaksi fisik.
    2. **Kontrol Rekayasa:** Pemasangan barikade fisik di sekeliling instrumen survei untuk mencegah alat berat melintas terlalu dekat.
    3. **Kontrol Administratif:** Surveyor wajib memiliki izin kerja (*Work Permit*) dan melakukan koordinasi dengan *Safety Officer* proyek. Wajib melakukan kontak visual dengan operator dan dilarang berdiri di area *blind spot* alat.

B. Infrastruktur Transportasi (Jalan Raya dan Jembatan)

Risiko terbesar pada medan ini berasal dari pihak ketiga, yaitu pengendara kendaraan bermotor yang mungkin tidak menyadari keberadaan tim survei.

- **Identifikasi Bahaya:** Tabrak lari, hempasan angin dari kendaraan berkecepatan tinggi yang dapat menggulingkan statif, dan paparan polusi udara/debu.
- **Pengendalian Risiko (Detail):**
    1. **Zonasi Kerja:** Menerapkan sistem *Traffic Management* sesuai standar, termasuk pemasangan rambu peringatan dini (50m, 100m, dan 200m sebelum titik survei).
    2. **Perangkat Keselamatan:** Penggunaan *Traffic Cone* yang dipasang secara zigzag untuk memaksa kendaraan melambat. Petugas pembawa bendera (*Flagman*) harus berdiri di posisi yang aman namun terlihat jelas.
    3. **Visibilitas:** Penggunaan APD dengan kelas reflektor tertinggi (*Class 3*) untuk memastikan surveyor terlihat bahkan dalam kondisi cuaca mendung atau fajar.

C. Medan Topografi Ekstrem (Lereng, Hutan, dan Pegunungan)

Di wilayah seperti Maluku yang memiliki banyak daerah perbukitan, surveyor sering menghadapi risiko lingkungan alami yang tidak terprediksi.

- **Identifikasi Bahaya:** Tanah longsor/slip, serangan hewan berbisa (ular, serangga), dehidrasi, dan paparan suhu ekstrem (*heat stress*).
- **Pengendalian Risiko (Detail):**
    1. **Persiapan Fisik & Logistik:** Melakukan *fit-to-work* sebelum berangkat. Setiap personel wajib

membawa air minum yang cukup dan perlengkapan navigasi cadangan (kompas/GPS genggam).

2. **Prosedur Kerja:** Menggunakan metode *Buddy System* (minimal 2 orang). Satu orang bertugas melakukan pengukuran, sementara rekan lainnya memantau kondisi lingkungan sekitar (waspada longsor atau hewan liar).
3. **Stabilitas Alat:** Pada lereng curam, kaki statif harus diperkuat dengan menancapkan pasak kayu tambahan agar tidak bergeser akibat gravitasi atau tanah yang gembur.

D. Area Perairan dan Pesisir (Hidrografi Dasar)

Survei di area ini melibatkan interaksi dengan media air yang memiliki risiko tenggelam dan kerusakan alat akibat korosi.

- **Identifikasi Bahaya:** Arus deras, gelombang pasang mendadak, terpeleset di bebatuan licin, dan kerusakan sensor instrumen akibat air laut (salinitas).
- **Pengendalian Risiko (Detail):**
    1. **Keselamatan Personil:** Wajib menggunakan *Life Jacket* (Jaket Pelampung) tipe II atau III yang mampu membalikkan posisi wajah ke atas secara otomatis jika terjatuh ke air.
    2. **Perencanaan Waktu:** Memantau jadwal pasang surut air laut (*Tide Table*) secara akurat agar tim tidak terjebak di area yang tertutup air saat pasang.
    3. **Perawatan Alat:** Melakukan *rinsing* (pembilasan) dengan air tawar pada statif dan bagian non-elektronik alat segera setelah terpapar udara laut untuk mencegah oksidasi/karat.

1.4.2 Alat Pelindung Diri (APD) Standar

Dalam praktik survei teknik sipil, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) bukan sekadar formalitas kepatuhan, melainkan kebutuhan teknis untuk memitigasi dampak dari bahaya yang tidak dapat dieliminasi sepenuhnya di lapangan. Sesuai dengan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. PER.08/MEN/VII/2010[1], setiap pemberi kerja atau institusi pendidikan wajib menyediakan APD bagi pekerja atau praktikan sesuai dengan jenis risiko yang dihadapi. Mahasiswa harus memahami bahwa APD adalah baris pertahanan terakhir (*last line of defense*) dalam hirarki pengendalian risiko. Berikut adalah rincian APD standar yang wajib digunakan oleh tim survei lapangan:

1. Helm Keselamatan (*Safety Helmet*)

   Fungsi utamanya adalah melindungi kepala dari benturan, benda jatuh (*falling objects*), atau kontak dengan kabel listrik bertegangan rendah. Untuk proyek teknik sipil, disarankan menggunakan helm **Tipe I** (melindungi bagian atas) dengan **Kelas G (General)** atau **Kelas E (Electrical)** yang mampu menahan tegangan listrik tertentu.Helm sangat krusial saat mahasiswa melakukan praktikum di area konstruksi gedung, jembatan, atau di medan hutan yang memiliki risiko dahan pohon jatuh secara tiba-tiba.

2. Rompi Visibilitas Tinggi (*High-Visibility Safety Vest*)

   Rompi ini merupakan APD paling kritis bagi surveyor, terutama saat bekerja di area jalan raya atau proyek dengan mobilitas alat berat yang padat. Menggunakan warna fluoresens (kuning lime atau oranye) dengan material retro reflektif yang mampu memantulkan cahaya kembali ke sumbernya (seperti lampu kendaraan atau sinar matahari).Merujuk pada standar **ANSI/ISEA 107**, surveyor disarankan menggunakan **Kelas 2** atau **Kelas 3** untuk memastikan posisi mereka terlihat jelas oleh

operator alat berat atau pengendara dari jarak minimal 300 meter dalam berbagai kondisi cuaca.

3. Sepatu Pelindung (*Safety Boots*)

Sepatu kerja harus mampu melindungi kaki dari permukaan tajam, beban berat, dan kondisi lantai kerja yang licin.Harus memiliki pelindung baja pada bagian ujung (*Steel Toe Cap*) untuk menahan beban kejatuhan minimal 20 kg dan sol anti-slip (*oil resistant*) untuk medan yang berminyak, berlumpur, atau berlumut. Untuk survei di area rawa atau pesisir (seperti tipologi wilayah Maluku), penggunaan sepatu *boot* karet dengan standar keselamatan industri lebih disarankan untuk mencegah penyakit kulit akibat kelembaban tinggi.

4. Kacamata Pelindung (*Safety Glasses*)

Melindungi mata dari debu, partikel terbang saat pembersihan jalur rintisan (*clearing*), serta paparan langsung sinar ultraviolet (UV). Paparan sinar matahari yang intens saat membidik melalui lensa instrumen (Total Station atau Digital Level) dalam waktu lama dapat menyebabkan kelelahan mata (*eye strain*). Lensa dengan pelindung UV membantu menjaga ketajaman penglihatan surveyor selama pengukuran siang hari.

5. Sarung Tangan Kerja (*Safety Gloves*)

Digunakan saat melakukan pekerjaan fisik seperti memasang statif di tanah yang keras, memegang jalon di area semak berduri, atau melakukan penandaan pada beton. Mencegah luka sayat, abrasi, dan melindungi tangan dari kontak langsung dengan zat kimia (misalnya saat melakukan pengecatan tanda permanen pada *benchmark*).

6. Alat Pelindung Pendengaran (*Ear Plugs/Muffs*)

Wajib digunakan jika survei dilakukan di area dengan tingkat kebisingan diatas **85 dB**, seperti di dekat mesin pemancang (*pile driver*) atau area lalu lintas yang sangat

padat. Kebisingan yang berlebih dapat mengganggu fokus surveyor saat melakukan komunikasi koordinat yang presisi.

1.4.3 Prosedur Keamanan Pengoperasian Alat

Keamanan dalam survei lapangan tidak hanya berfokus pada personel, tetapi juga pada perlindungan instrumen kerja. Peralatan survei merupakan perangkat presisi tinggi yang sangat rentan terhadap guncangan, debu, kelembapan, dan perubahan suhu ekstrem. Mengabaikan prosedur keamanan alat dapat menyebabkan kerusakan permanen atau penurunan akurasi data (Schofield & Breach, 2007)[1].

Berikut adalah prosedur standar keamanan pengoperasian alat yang harus dipatuhi oleh setiap surveyor:

1. Prosedur Transportasi dan Penanganan (*Handling*)

- **Kotak Alat (*Case*):** Instrumen harus selalu disimpan dalam kotak aslinya saat dipindahkan. Pastikan posisi alat dalam kotak sudah sesuai dengan cetakan busa pengaman guna menghindari guncangan selama perjalanan.
- **Membawa Alat:** Saat memindahkan alat yang sudah terpasang pada statif (tripod), jangan pernah memanggilnya di bahu kecuali pada jarak yang sangat pendek dan medan yang rata. Cara terbaik adalah dengan melepaskan instrumen dari statif dan membawanya menggunakan pegangan (*handle*) yang tersedia.

2. Stabilitas Pemasangan di Lapangan

- **Pondasi Statif:** Pastikan ketiga kaki statif tertancap kuat di tanah yang stabil. Pada permukaan beton atau

aspal, gunakan pengunci kaki statif atau alas karet untuk mencegah slip.

- **Sekrup Pengunci:** Pastikan sekrup pengunci (*centering screw*) antara alat dan kepala statif telah terpasang kencang sebelum melepaskan pegangan tangan dari alat.

3. Perlindungan terhadap Kondisi Lingkungan

- **Payung Survei:** Gunakan payung pelindung (*surveying umbrella*) untuk melindungi dari pancaran sinar matahari langsung yang dapat menyebabkan pemuaian pada bagian mekanis alat, serta melindunginya dari rintik hujan mendadak.
- **Suhu Ekstrem:** Jangan meninggalkan alat di dalam kendaraan yang terparkir di bawah terik matahari dalam waktu lama, karena suhu tinggi dapat merusak komponen elektronik dan cairan pelumas pada sumbu alat.

4. Prosedur Selama Pengukuran

- **Pengawasan Kontinu:** Jangan pernah meninggalkan instrumen tanpa pengawasan di lapangan, terutama di area publik atau lokasi konstruksi yang sibuk. Risiko pencurian atau tertabrak kendaraan/alat berat sangat tinggi.
- **Baterai dan Kabel:** Gunakan hanya baterai resmi yang direkomendasikan pabrikan. Pastikan kabel koneksi (jika ada) tidak melintang di jalur akses yang dapat menyebabkan orang tersandung dan menjatuhkan alat.

5. Pemeliharaan dan Kalibrasi

- **Pembersihan:** Setelah digunakan, bersihkan debu pada lensa menggunakan *blower* atau tisu lensa khusus. Jangan menggunakan kain kasar yang dapat menggores lapisan optik.
- **Kalibrasi:** Lakukan pengecekan rutin terhadap nivo kotak dan nivo tabung. Berdasarkan standar **ISO 17123**, alat yang jatuh atau mengalami guncangan keras wajib dikalibrasi ulang di laboratorium resmi sebelum digunakan kembali untuk proyek konstruksi[2].

1.4.4 Etika Profesional di Lapangan

Etika profesional merupakan penerapan praktis dari nilai-nilai moral dalam dunia kerja nyata. Bagi seorang mahasiswa teknik sipil, memahami etika profesional berarti memahami tanggung jawab besar yang diemban terhadap klien, organisasi, dan masyarakat luas. Etika dalam praktik profesional ini memiliki cakupan yang luas dan berlapis:

- **Landasan Filosofis dan Individu**: Sebagai cabang filsafat, etika mempelajari nilai-nilai yang mempengaruhi perilaku manusia, menghubungkan tindakan kita dengan rasa benar dan salah. Dalam survei, hal ini mewujud dalam etika individu yang merujuk pada prinsip moral seseorang—yakni nilai-nilai yang mengatur keputusan pribadi dengan tujuan menjaga integritas atau hati nurani. Seorang surveyor yang profesional tidak akan melakukan *fudging* (manipulasi data) demi memenuhi toleransi teknis, karena hal tersebut merupakan pengkhianatan terhadap integritas dirinya sendiri.
- **Etika Terapan dan Organisasi**: Etika terapan berkaitan dengan kebijakan moral yang diimplementasikan pada organisasi atau perusahaan

tempat surveyor bekerja. Hampir seluruh organisasi teknik memiliki kebijakan kode etik atau kode perilaku (*code of conduct*) yang wajib diikuti untuk menjaga standar profesionalisme dan citra lembaga di mata publik.

- **Etika Kelompok**: Merupakan sistem prinsip dan aturan perilaku yang diterima oleh suatu kelompok atau budaya profesional tertentu. Organisasi profesi seperti *International Federation of Surveyors* (FIG) dan Ikatan Surveyor Indonesia (ISI) menetapkan aturan kelompok ini guna menjamin kualitas layanan profesional secara kolektif (Ghilani & Wolf, 2015).

Dalam implementasi praktis di lapangan, surveyor wajib memegang teguh tiga pilar profesionalisme berikut:

1. **Tanggung Jawab Publik**: Berdasarkan kode etik *American Society of Civil Engineers* (ASCE, 2020), keselamatan, kesehatan, dan kesejahteraan publik adalah prioritas utama. Kesalahan data survei yang disengaja dapat berakibat fatal pada kekuatan infrastruktur yang akan dibangun di atasnya.
2. **Hubungan Kemasyarakatan dan Properti**: Profesionalisme menuntut surveyor untuk menghormati hak milik pribadi warga lokal. Hal ini mencakup prosedur perizinan yang resmi (sosialisasi) sebelum memasuki lahan milik orang lain serta memastikan bahwa pemasangan patok atau *Benchmark* (BM) tidak merusak estetika maupun fungsi lahan masyarakat setempat.
3. **Kerahasiaan dan Objektivitas**: Surveyor wajib menjaga kerahasiaan informasi proyek milik klien dan tetap objektif dalam memberikan penilaian teknis. Penelitian dalam jurnal internasional menekankan bahwa komunikasi yang jelas dan penghormatan terhadap standar teknis (seperti kalibrasi alat sesuai

ISO 17123) adalah bentuk nyata dari budaya kerja yang etis (Borenstein, 2010).

Sebagai calon insinyur, integritas di lapangan adalah aset paling berharga. Data yang dikumpulkan akan menjadi dasar keputusan investasi miliaran rupiah dan keselamatan ribuan nyawa. Jadilah mata proyek yang jujur dan profesional.

1.4.5 Komunikasi dan Keadaan Darurat

Kegiatan survei lapangan di lokasi konstruksi maupun area terpencil menuntut sistem komunikasi yang andal. Kegagalan komunikasi tidak hanya menghambat efisiensi kerja, tetapi juga dapat berakibat fatal apabila terjadi kecelakaan atau situasi darurat di lapangan.

1. Sistem Komunikasi Teknis

Komunikasi yang efektif memastikan koordinasi antara pemegang alat (*instrument man*) dan pemegang target (*prism man/rodman*).

- **Penggunaan Radio Komunikasi (*Handy Talky*):** Di area dengan kebisingan tinggi atau jarak yang jauh, penggunaan HT dengan sandi komunikasi yang standar sangat diperlukan untuk menghindari salah instruksi dalam pembacaan data.
- **Isyarat Tangan (*Hand Signals*):** Surveyor harus menguasai isyarat tangan standar sebagai cadangan jika komunikasi verbal terhambat. Isyarat ini mencakup perintah untuk menggeser prisma, menaikkan/menurunkan jalon, hingga tanda bahwa data telah terekam.

2. Protokol Komunikasi Tim

Setiap tim lapangan wajib memiliki struktur komunikasi yang jelas:

- ***Briefing* Pagi:** Sebelum memulai survei, ketua tim harus menjelaskan target harian, pembagian tugas, serta potensi bahaya di lokasi spesifik tersebut.
- ***Check-in* Berkala:** Untuk survei di medan hutan atau pegunungan, tim wajib melakukan pelaporan posisi secara berkala ke pangkalan pusat (*basecamp*) untuk memastikan keamanan seluruh anggota.

3. Prosedur Keadaan Darurat (*Emergency Response*)

Mahasiswa harus memahami langkah-langkah *First Response* saat terjadi kecelakaan kerja di lapangan (Bust et al., 2008)[1]:

- **P3K Lapangan:** Setiap tim survei wajib membawa kotak P3K (*First Aid Kit*) standar yang berisi obat luka, perban, cairan antiseptik, dan alat bantu pernapasan sederhana.
- **Kontak Darurat:** Daftar nomor telepon darurat (rumah sakit terdekat, kepolisian, dan kantor pusat) harus tercatat dan mudah diakses oleh seluruh anggota tim.
- **Prosedur Evakuasi:** Jika terjadi kecelakaan berat (seperti jatuh dari ketinggian atau cedera alat berat), tim harus memiliki rencana evakuasi yang jelas, termasuk titik kumpul (*assembly point*) dan jalur akses ambulans atau kendaraan penyelamat.

4. Mitigasi Bahaya Alam dan Lingkungan

Dalam survei di wilayah Maluku yang memiliki karakteristik kepulauan dan lereng yang curam, surveyor harus waspada terhadap:

- **Cuaca Ekstrem:** Segera hentikan pengukuran dan cari perlindungan jika terjadi badai atau petir. Instrumen GPS/GNSS dan Total Station sangat rawan terhadap lonjakan arus listrik dari petir.
- **Gangguan Hewan:** Di area rimbun, penggunaan perlengkapan perlindungan terhadap gigitan serangga atau hewan berbisa harus menjadi bagian dari standar operasi.

1.5 Dasar-dasar Kartografi dan Penyajian Peta Teknis

Kartografi adalah sebuah Seni, ilmu dan teknik pembuatan peta. Peta adalah bentuk penyajian permukaan bumi pada media datar dengan perbandingan skala tertentu, memanfaatkan simbol dan sistem proyeksi sebagai penunjuk informasi spasial.

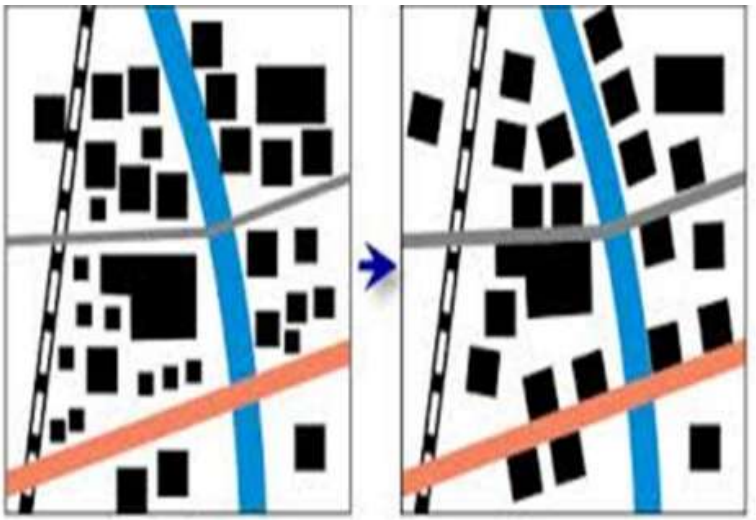
Lingkup Pekerjaan Kartografi

Seleksi data

Pemilihan data disesuaikan dengan kebutuhan, semisal untuk keperluan peta situasi maka data yang digunakan adalah data spasial (x,y) dan atributnya.

Manipulasi & Generalisasi Data.

Pada tahap ini disesuaikan dengan kebutuhan, contoh : tersedia peta dengan skala 1:10.000 dan akan didigitasi ulang ke skala 1:25.000 maka dilakukan generalisasi dan manipulasi baik titik, garis, maupun luasnya.



- Perancangan Peta (simbol, Teks atau tata letak peta)
  Setelah digeneralisasi, maka simbol, teks, serta data atribut lainnya tiap objek disesuaikan.
- Penyajian & Reproduksi Peta
  Peta disajikan baik dalam bentuk softcopy ataupun hardcopy.
- Revisi Peta
  Revisi peta dilakukan apabila terdapat tampilan peta yang tidak sesuai dengan kondisi lapangan. Revisi peta juga dapat dilakukan ketika peta sudah kadaluarsa (biasanya minimal 5 tahun sekali).

Peta

Fungsi Peta

- Menampilkan posisi atau lokasi suatu tempat dipermukaan bumi.
- Menunjukan ukuran jarak maupun luas suatu wilayah di permukaan bumi.

- Menggambarkan bentuk-bentuk detail di permukaan bumi, seperti gunung, gunung, sungai, jalan dan lain-lain.
- Mengumpulkan dan memilah data dari suatu wilayah, kemudian menyajikannya dalam bentuk peta.

Tujuan Pembuatan Peta

- Untuk komunikasi tentang informasi spasial (ruang).
- Untuk menyimpan informasi.
- Digunakan sebagai alat bantu dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi, contohnya pembuatan dan perbaikan jalan, keperluan navigasi, perencanaan, dan lain sebagainya.
- Dimanfaatkan sebagai alat bantu dalam perancangan suatu pekerjaan, misalnya tata kota, tata guna lahan, perencanaan jalur atau jalan, dan lain sebagainya.
- Digunakan untuk keperluan analisis data spasial, misalnya: perhitungan luas, volume galian dan timbunan tanah, kemiringan lahan/tanah dan sebagainya

Unsur-unsur Peta

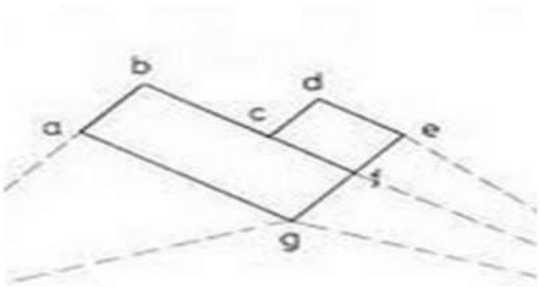
- Judul Peta :Merupakan informasi mengenai wilayah yang digambarkan, biasanya dicantumkan di bagian atas peta.
- Petunjuk Arah : Merupakan simbol mata angin yang cukup digambarkan dengan huruf U (menunjukan arah utara), diletakkan pada bagian kosong(tepi peta) agar tidak mengganggu inti informasi peta.

- Skala :Merupakan perbandingan ukuran antara kondisi yang tergambar pada peta dengan kondisi sesungguhnya.
- Tahun Pembuatan : Menunjukkan kondisi lapangan, baik yang bersifat alami maupun buatan, pada masa peta dibuat.
- Legenda: Berisi keterangan penting mengenai simbol-simbol yang digunakan dalam peta.
- Garis Astronomis : Merupakan garis yang berfungsi untuk menentukan letak suatu tempat.
- Simbol : Merupakan tanda-tanda konvensional yang mewakili kondisi sebenarnya di lapangan.
- Lettering : Merupakan seluruh tulisan yang digunakan untuk memperjelas makna simbol-simbol pada peta.
- Inset :Merupakan peta berukuran kecil yang disisipkan pada peta utama yang lebih besar.
- Garis Tepi : Berfungsi membantu agar gambar peta berada tepat di bagian tengah.
- Tata Warna : Setiap warna yang terdapat pada peta memiliki makna tersendiri terkait kondisi wilayah yang digambarkan.

Detil

Seluruh unsur fisik ppada ruppa bumi, mencakup fenomena alamiah maupun struktur rekayasa manusia.

- Alam : sungai, gunung, dst
- Buatan Manusia : gedung, jalan, selokan, dst



Klasifikasi Peta
Peta di tinjau dari :

1. Jenis Peta:
   · Peta Foto
   · Peta Garis
2. Resolusi Peta
   · Resolusi Tinggi
   · Resolusi Moderat
   · Resolusi Makro
3. Fungsi Peta
   · Peta Topografi
   · Peta Tematik

Peta berdasarkan skala
Skala : merupakan perbandingan antara jarak yang tergambar di peta dengan jarak yang sebenarnya di lapangan (permukaan bumi). 1. Skala Numeris : 1 : 10.000, 1 : 25.000 2. Skala Grafis : 3. Skala Verbal : 1 inci = 1 mil, 30 cm = 150 km.

Peta Topografi Peta Topografi disajikan dalam bentuk softcopy ataupun hardcopy. Contoh peta softcopy :

Peta Topografi disajikan dalam bentuk softcopy ataupun hardcopy. Contoh peta hardcopy:

Peta Tematik Peta Tematik

Perbedaan peta, atlas, sketsa ¬ Menurut ICA (International Cartographic Association), peta didefinisikan sebagai gambaran konvensional dan selektif atas permukaan bumi beserta gelaja fenomenanya, yang diperkecil menggunakan skala tertentu dan disajikan pada bidang datar. ¬ Atlas merupakan kumpulan peta yang disajikan dengan skala kecil. ¬ Sketsa adalah gambaran secara sepintas yang tidak disertai skala.

BAB 2
SISTEM KOORDINAT DAN BIDANG REFERENSI

2.1 Dasar Sistem Geospasial

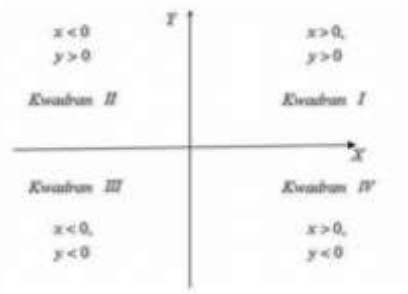
Pengertian Sistem Geospasial

Sistem Geospasial adalah sistem yang memberikan (*assigning*) sejumlah n bilangan atau nilai besaran untuk seluruh posisi pada ruang berdimensi n. Di dalam ruang 3D ataupun 2D, sistem koordinat memberikan 3 atau 2 angka pasti pada tiap posisi. Sistem geospasial dimanfaatkan guna menetapkan letak acuan atau aspek-aspek spasial lainnya pada ruang (baik 2D atau 3D) melalui angka yaitu koordinat.

Sistem koordinat dalam dimensi dua

a) Sistem koordinat kartesian

Sistem koordinat ini dibentuk oleh dua sumbu yang berpotongan secara tegak lurus. Sumbu horizontal disebut absis (X), dan sumbu vertikal disebut ordinat (Y). Kedua sumbu ini berpotongan pada sebuah titik yang dinamakan titik pangkal.



Kuadran I (x>0, y>0)

Kuadran II (x<0, y>0)

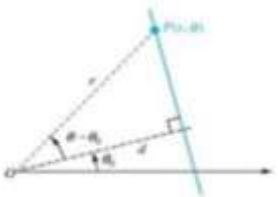
Kuadran III (x<0, y<0)

Kuadran IV (x>0, y<0)

Sistem Koordinat Polar

Persamaan – persamaan dalam Polar

PERSAMAAN POLAR GARIS



Keterangan :

d = garis tidak melalui polar

θ_0 = sudut antara sumbu polar dan garis tegak lurus dari polar pada garis itu. Apabila $P(r,\theta$ (sebuah titik pada garis, maka persamaan polar garis

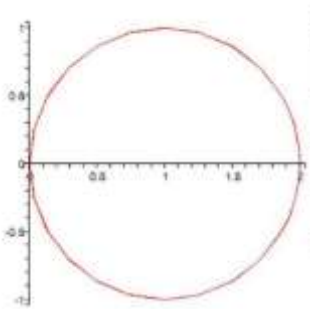
$$r = \frac{d}{\cos\theta - \theta_0}$$

PERSAMAAN POLAR LINGKARAN

- Dari lingkaran berjari-jari a: r = a
- Untuk lingkaran berjari-jari a,

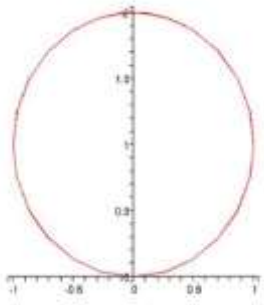
- berpusat di (0,a): r = 2a°sin

- berpusat di(a,0): r = 2a°cos



r = 2 cos θ

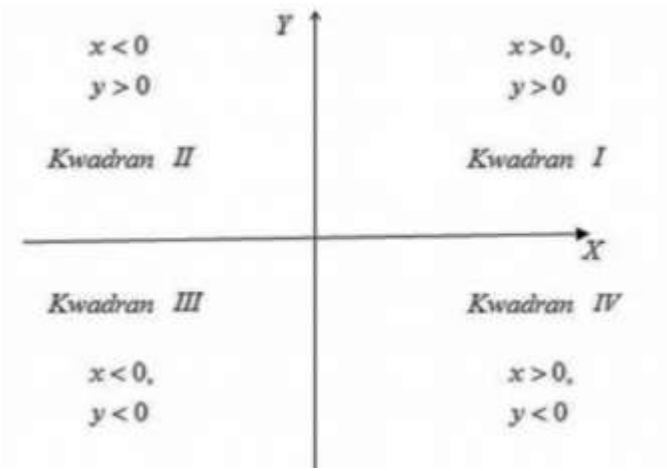
r	θ
2	0
0	π/2
-2	π



r = 2 sin θ

r	θ
0	0
2	π/2
0	π

SISTEM KOORDINAT KARTESIAN



Pada gambar disamping, terdapat 4 bidang simetris yang dibatasi oleh sumbu-sumbu koordinat X dan Y yang disebut kuadran.

Kuadran I (x>0, y>0)

Kuadran II (x<0, y>0)

Kuadran III (x<0, y<0)

Kuadran IV (x>0, y<0)

Pada gambar disamping, M merupakan siku-siku segitiga MOP. Menurut teorema Pythagoras :

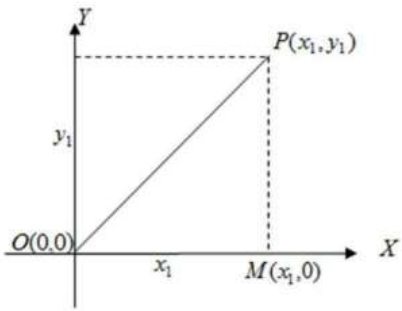
OP^2 = OM^2 + MP^2

= (x1-0)^2 + (y1-0)^2

= x1^2+ y1^2

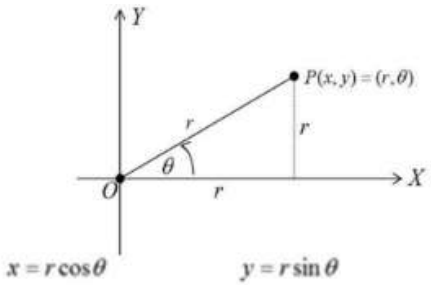
$[OP] = \sqrt{X_1^2 + y_2^2}$

atau ditulis dengan notasi :



Hubungan Sistem Koordinat Kartesian Dan Sistem Koordinat Polar

Titik P memiliki koordinat (x,y) dalam s35elatikoordinat (SK) Kartesian dan (r, Θ) dalam SK kutub. Jika kutub diimpitkan dengan titik asal, serta polar axis diimpitkan dengan sumbu-x positif, maka kedudukan titik P tersebut:



Didapatkan persamaan:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \qquad \theta = \arcsin\left(\frac{y}{r}\right) = \arccos\left(\frac{x}{r}\right)$$

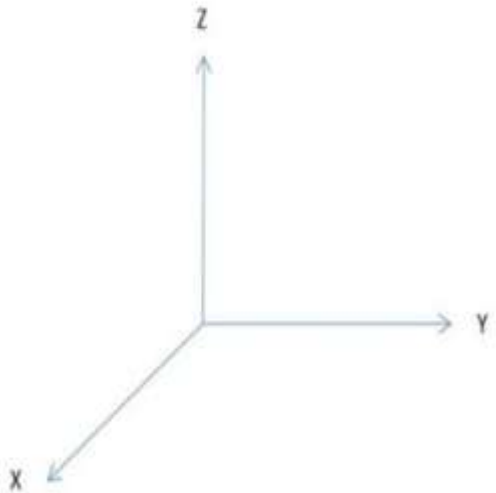
Lalu apa saja Sistem Koordinat dalam Pengukuran dan Pemetaan?

Dalam dunia pengukuran dan pemetaan digunakan s36elatikoordinat 3D karena berkaitan dengan

data yang diperoleh di lapangan juga berkoordinat (x,y,z).

1. Sistem Koordinat Kartesian (x,y,z)
2. Sistem Koordinat Geografik (φ, λ, h)
3. Sistem Koordinat Geodetik (φ, λ, H)

SISTEM KOORDINAT KARTESIAN (3D)



Terdiri dari 3 sumbu, yaitu :

- Sumbu X : yaitu arah perpotongan meridian Greenwich atau meridian nol CZM (***Conventional Zero Meridian***) yang ditetapkan oleh BIH (***Bureau International de l'Heure***) dengan bidang ekuator.
- Sumbu Y : yaitu garis pada bidang ekuator yang tegak lurus pada sumbu X dan Z dengan mengikuti kaidah tangan kanan.
- Sumbu Z : yaitu garis dalam arah ***Conventional Terrestrial Pole*** (CTP), mengarah ke KU.

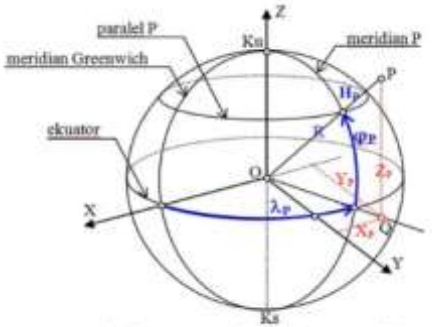
SISTEM KOORDINAT GEOGRAFIS

Sistem koordinat geografis digunakan untuk menunjukkan l37elatidi Bumi berdasarkan **garis lintang** dan **garis bujur**

- Garis lintang : garis v37elativeyang menyatakan besar sudut antara suatu titik dengan garis khatulistiwa. Titik yang berada di sebelah utara khatulistiwa disebut Lintang Utara, sedangkan titik di sebelah s37elativdisebut Lintang s37elativ
- Garis bujur : garis horizontal yang menyatakan besar sudut antara suatu titik dengan titik nol di bumi (Greenwich merupakan titik bujur 0° atau 360° yang diterima secara internasional). Titik yang berada di sebelah barat bujur 0° disebut Bujur Barat, sedangkan titik di sebelah timur disebut Bujur Timur.

Komponen – komponennya :

- KU; KS : Kutub Utara, Kutub Selatan
- (x,y,z) : Sumbu Koordinat
- Meridian P : busur lingkaran besar pada bola bumi yang menghubungkan kutub – kutub bumi.
- Meridian Greenwich : atau meridian nol, digunakan sebagai acuan bagi komponen bujur geografik (λ).
- Paralel P : busur lingkaran besar yang membagi bola bumi menjadi dua bagian yang berbeda besar, yaitu belahan bumi utara dan belahan bumi s37elativserta sejajar dengan ekuator.



ϕ = lintang geografik, λ=bujur geografik

Secara matematis, koordinat dinyatakan dalam koordinat (x,y,z). Oleh karenanya diperlukan transformasi dari SK Geografis ke SK Kartesian :

$$\lambda = \tan^{-1}\left(\frac{Y}{X}\right)$$

$$\varphi = \sin^{-1}\left(\frac{Z}{R+H}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{Z}{\sqrt{X^2+Y^2}}\right)$$

$$h = \left(\frac{Z}{\sin\varphi}\right) - R$$

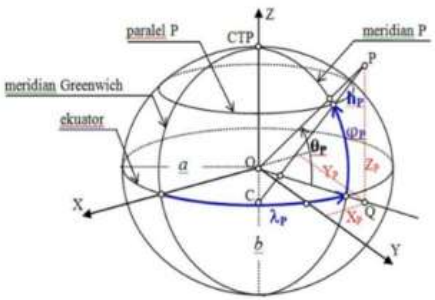
Begitu juga transformasi SK Kartesian ke SK Geografis:

$$X = (R + H)\cos\varphi\cos\lambda$$
$$Y = (R + H)\cos\varphi\sin\lambda$$
$$Z = (R + H)\sin\varphi$$

SISTEM KOORDINAT GEODETIK

Sama halnya dengan SK Geografis, SK Geodetik juga didefinisikan dengan lintang dan bujur. Komponen – komponennya sama dengan SK Geografis, yang terdiri dari Paralel P, Meridian P, Greenwich, Ekuator, sumbu (x,y,z), kecuali H-nya, yaitu tinggi titik P dari pusat massa bumi yang

berada disekitar pusat bumi (pada SK Geografis disebut origin).



Secara matematis, koordinat dinyatakan dalam koordinat (x,y,z). Oleh karenanya diperlukan transformasi dari SK Kartesian ke SK Geodetik :

$$N = \frac{a}{\sqrt{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)}}$$

$$X = (N + h) \cos\varphi \cos\lambda$$

$$Y = (N + h) \cos\varphi \sin\lambda$$

$$Z = [N(1 - e^2) + h] \sin\varphi$$

Begitu juga transformasi SK Geodetik ke SK Kartesian :

$$\lambda = arc\,tan \left(\frac{Y}{X}\right)$$

$$H = \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{cos\varphi} - N$$

φ = ... ?

Menghitung pendekatan dengan rumus :

$$\varphi = tan^{-1}\left[\left(\frac{1}{(1-e)^2}\right)\left(\frac{z}{\sqrt{X^2 + Y^2}}\right)\right]$$

aenghitung N (menggunakan $\emptyset$ pendekatan) :

$$N = \frac{a}{\sqrt{(1 - e^2 sin^2 \varphi)}}$$ **2.**

b. Menghitung φ : $\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{z + e^2 N sin}{\sqrt{X^2 + Y^2}}\right)$

Mengulangi l40elativa. dan b. Sampai mendapatkan nilai φ pendekatan ≈ φ

2.2 Bidang Referensi; Geoid, Ellipsoid, dan Permukaan Bumi

Datum

Datum adalah istilah yang digunakan dalam berbagai konteks untuk merujuk kepada suatu titik, titik awal, atau kerangka referensi yang digunakan sebagai dasar atau acuan dalam pengukuran, pemetaan, atau analisis data. Istilah ini dapat memiliki makna yang berbeda tergantung pada bidang atau konteks di mana digunakan.

Datum Geodesi

Datum geodesi adalah sebuah kerangka referensi yang digunakan dalam pemetaan dan survei untuk menetapkan titik referensi atau titik awal dari sistem koordinat yang digunakan dalam mendefinisikan lokasi dan posisi suatu objek atau titik di permukaan bumi. Datum geodesi biasanya terdiri dari sebuah titik awal yang secara konvensional dipilih untuk menjadi titik referensi utama, serta sistem koordinat

yang terkait yang digunakan untuk mengukur jarak dan arah dari titik tersebut ke titik lainnya di bumi.

Beberapa jenis datum geodesi yang umum digunakan meliputi:

- Datum horizontal: Merujuk pada posisi titik awal atau titik referensi dalam hal koordinat lintang dan bujur.
- Datum v41elative Merujuk pada posisi titik awal dalam hal elevasi atau ketinggian dari suatu titik r41elativeterhadap permukaan laut atau suatu permukaan referensi tertentu.

Geoid

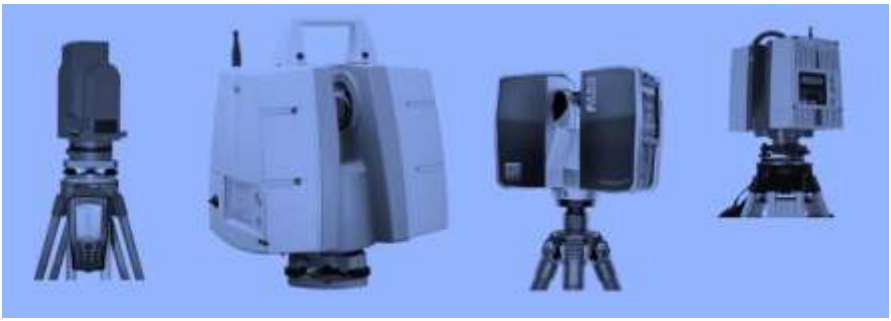
Apa itu Geoid?

- Bidang geoid dikenal sebagai model yang paling mendekati bentuk bumi sesungguhnya, dan digunakan sebagai acuan dalam penentuan ketinggian.
- Oleh karna bentuk bidang geoid tidak teratur, bidang ini tidak dapat digunakan untuk keperluan perhitung-hitungan geodesi yang berkaitan dengan bentuk bumi ellipsoid

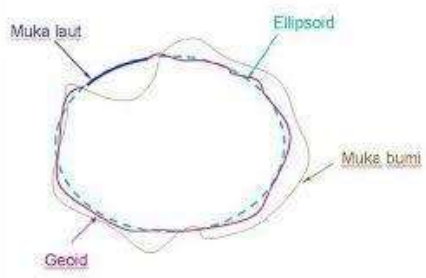
Apa itu Ellipsoid ?

- Ellipsoid merupakan representasi bentuk bumi baik secara fisik maupun geometrik.
- Model ellipsoid digunakan sebagai pengganti geoid secara geometrik karena bentuk dan ukurannya mendekati geoid, yang merepresentasikan bentuk bumi secara geometrik/matematik

- Pusat ellipsoid didefinisikan berimpit dengan sumbu rotasi bummi, sehingga dalam praktiknya bidang ellipsoid berperan sebagai bidang referensi dalam penentuan koordinat titik di permukaan bumi, sekaligus sebagai bidang perantara dalam pemetaan.



Beberapa model ellipsoid referensi



Datum Geodesi Lokal yang digunakan Indonesia:

1. Datum Genoeg (1862 – 1880)
   - Ellipsoid yang digunakan : Bessel 1841 sebagai ellipsoid referensi
   - Meridian nol : Jakarta (Batavia) sebagai meridian nol
   - Titik awal (lintang) : Puncak gunung Genoek

2. Datum Moncong Lowe (1911) atau Datum Makassar (Celebes)
    - Ellipsoid yang digunakan : Bessel 1841
    - Meridian nol : kota Makassar
    - Titik awal (lintang) : Gunung Moncong Lowe
3. Datum Indonesia 1974 (Padang) Ellipsoid yang digunakan : GRS 1967. Penentuan orientasi elipsoid referensi dilakukan dengan mengimpitkannya pada elipsoid NWL-9D(sistem referensi teknologi Doppler) di titik eksentris, yaitu Stasiun Doppler BP-A 1884 di Padang. Stasiun Doppler BP-A tersebut selanjutnya ditetapkan sebagai datum tunggal geodesi di Indonesia.
4. Datum Bukit Rimpah Ellipsoid yang digunakan : Bessel 1841 Meridian utama : Greenwich. Dimanfaatkan untuk wilayah kepulauan Bangka, Belitung dan sekitarnya.
5. Datum Gunung Serindung Ellipsoid yang digunakan : Bessel 1841 Digunakan untuk wilayah Kalimantan Barat.
6. Datum Gunung Segara Ellipsoid yang digunakan : Bessel 1841 Titik datum ditetapkan di Gunung Segara Digunakan untuk wilayah Kalimantan Timur.
7. Datum Gunung Moncong Lowe (1911)
8. Datum Indonesia 1995 (DI'95) Ellipsoid yang digunakan : WGS'84 nilai setengah sumbu panjang
    a. = 638137.000 m nilai dari setengah sumbu pendek
    b. = 6356752.3142 m nilai pegepengan (f) = 1/298.257223563
9. Datum Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI) 2013 DGN 95 yang tekag mengalami berbagai kali pemutakhiran, ternyata masih mengabaikan aspek variasi temporal pada nilai koordinat pada titik-titik kontrol

geodesi. Variasi ini timbul sebagai dampak dari dinamika pergerakan lempeng tektonik serta deformasi yang terjadi pada kerak bumi. Maka perlu segera dirancag sistem referensi geospasial atau datum geodesi terbaru yang lebih cocok dengan karakteristik wilayah Indonesia.

Selain itu, SRGI mampu menampilkan seluruh wilayah Indonesia dalam satu peta. Dari web www.bakosurtanal.go.id, SRGI 2013 akan mendefinisikan beberapa hal :

- Sistem Referensi Koordinat, Perwujudan fisik dari sistem referensi berupa jaring kontrol geodesi Nasional.
- Kerangka Referensi Koordinat, sebagai realisasi dari sistem referensi koordinat berupa Jaring Kontrol Geodesi Nasional;
- Ellipsoid Referensi yang digunakan; Digunakan sebagai bidang acuan geometri.
- Dinamika temporal: Perubahan nilai koordinat seiring berjalannya waktu akibat pengaruh pergerakan lempeng tektonik serta deformasi kerak bumi di Indonesia
- Sistem Referensi Tinggi; merupakan acuan yang digunakan untuk mengatur aspek ketinggian
- Garis pantai nasional yang akurat dan terkini, yang dipublikasi secara resmi;
- Sistem dan layanan berbasis web untuk mengakses SRGI 2013. Datum SRGI ini telah resmi diluncurkan pada akhir bulan September 2013 di Jakarta.

2.3 Proyeksi Peta dan Sistem Koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*)

Dalam merepresentasikan permukaan bumi yang melengkung (geoid/ellipsoid) ke atas bidang datar (peta), diperlukan sebuah transformasi matematis yang disebut proyeksi peta. Tanpa proyeksi, permukaan bumi yang berbentuk bola tidak akan pernah bisa dibuka menjadi lembaran datar tanpa mengalami robekan atau kerutan. Oleh karena itu, sistem proyeksi dipilih untuk meminimalkan distorsi pada aspek tertentu, seperti luas, bentuk, atau jarak.

Proyeksi peta adalah prosedur sistematis yang menggunakan rumus matematis untuk memindahkan titik-titik dari permukaan bumi ke permukaan datar. Menurut **Ghilani & Wolf (2015)**, tidak ada proyeksi yang sempurna; setiap sistem pasti memiliki distorsi. Secara umum, proyeksi diklasifikasikan berdasarkan bidang proyeksinya menjadi tiga jenis utama: silinder (silindris), kerucut (konik), dan bidang datar (azimutal).

Untuk keperluan survei rekayasa di wilayah yang memanjang dari utara ke selatan atau wilayah global dengan standar tinggi, sistem proyeksi silinder merupakan yang paling efektif. Salah satu pengembangan paling sukses dari proyeksi silinder ini adalah *Universal Transverse Mercator* (UTM).

Sistem Koordinat UTM adalah sistem proyeksi silinder melintang (*transverse*) yang bersifat *conform*, artinya sistem ini mempertahankan bentuk sudut kecil di permukaan bumi agar tetap sama pada peta. Menurut standar **National Geospatial-Intelligence Agency (NGA)**, UTM membagi bumi menjadi 60 zona bujur, di mana setiap zona memiliki lebar 6° bujur.

Berikut adalah karakteristik mendetail dari sistem UTM:

1. **Pembagian Zona:** Zona 1 dimulai dari garis tanggal internasional (180° BB) menuju ke Timur. Indonesia sendiri terletak pada zona 46 hingga zona 54 (baik di belahan bumi Utara maupun Selatan).
2. **Sumbu Koordinat:** Setiap zona memiliki meridian tengah (*central meridian*) sendiri. Sumbu X (*Easting*) dihitung dari meridian tengah, sedangkan sumbu Y (*Northing*) dihitung dari garis khatulistiwa.
3. **Parameter *False Easting* dan *False Northing*:** agar tidak terdapat koordinat bernilai negatif, meridian tengah diberikan nilai **500.000 meter** (*Easting*). Untuk belahan bumi selatan (seperti sebagian besar wilayah Indonesia), garis khatulistiwa diberi nilai **10.000.000 meter** (*False Northing*) agar titik di selatan ekuator tetap memiliki nilai positif.
4. **Faktor Skala:** Pada meridian tengah, faktor skala ditetapkan sebesar **0,9996**. Hal ini bertujuan untuk menyeimbangkan distorsi di sepanjang zona 6° tersebut.

Di Indonesia, penggunaan koordinat UTM terintegrasi secara hukum melalui **Sistem Geodesi Nasional 1995 (DGN95)** dan pembaruannya pada **Satu Peta (SRGI 2013)**. Berdasarkan **SNI 19-6733-2002**, setiap pengukuran poligon atau pemetaan dasar harus mencantumkan nomor zona UTM yang digunakan. Hal ini sangat penting dalam proyek infrastruktur lintas wilayah agar tidak terjadi tumpang tindih data (*overlapping*).

Penggunaan UTM memberikan kemudahan bagi insinyur sipil karena koordinat disajikan dalam satuan meter, bukan derajat. Ini memungkinkan perhitungan jarak dan luas dilakukan menggunakan rumus Pythagoras dan geometri bidang datar secara langsung, yang jauh lebih efisien dibandingkan perhitungan trigonometri bola yang rumit.

Secara paragraf teknis, keunggulan UTM terletak pada *standarisasi* internasionalnya yang memungkinkan integrasi data GPS/GNSS secara instan. Namun, menurut **Schofield & Breach (2007)**, keterbatasan UTM muncul jika area proyek berada tepat di perbatasan dua zona. Dalam kasus ini, surveyor harus memilih salah satu zona sebagai acuan utama atau menggunakan sistem koordinat lokal guna menghindari diskontinuitas data di garis batas zona.

2.4 Datum Geodesi Nasional (SRGI 2013)

Datum geodesi nasional merupakan sistem yang menjadi patokan yang digunakan untuk menetapkan posisi suatu titik di *permukaan* bumi secara konsisten dalam suatu wilayah negara. Datum ini mencakup parameter matematis dan fisik sebagai dasar penentuan koordinat horizontal dan vertikal.

Dalam *kegiatan* survei dan pemetaan, penggunaan datum yang sama sangat penting untuk menjamin keseragaman posisi. Tanpa datum yang seragam, koordinat suatu titik dapat berbeda walaupun diukur pada lokasi yang sama.

SRGI *2013* merupakan datum geodesi nasional yang ditetapkan oleh Badan Informasi Geospasial pada tahun 2013 sebagai sistem referensi tunggal untuk seluruh wilayah Indonesia.

SRGI 2013 menggantikan DGN-95 yang sebelumnya digunakan sebagai datum nasional. Pergantian ini dilakukan untuk meningkatkan ketelitian posisi serta menyesuaikan dengan perkembangan teknologi pengukuran modern.

Sistem ini mengacu pada kerangka referensi global yaitu ITRF, sehingga memungkinkan integrasi data geospasial Indonesia dengan sistem global.

Sistem Referensi Geospasial merupakan acuan yang dimanfaatkan untuk mendefinisikan dan menentukan lokasi suatu entitas geospasial, baik sseara horizontal, vertikal, dan juga nilai gaya berat. SRGI (Sistem Referensi Geospasial Indonesia) adalah sistem referensi yang digunakan atau diterapkan secara nasional yang berlaku konsisten di seluruh Indonesia dan kompatibel dengan sistem referensi global.

Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI) yang secara resmi diluncurkan pada 17 Oktober 2013 merupakan sistem referensi yang berlaku di seluruh wilayah Indonesia. SRGI 2013 mengacu pada kerangka referensi geosentrik global ITRF08/IGS08 dengan epoch 2005.0, dan didefisinikan pada epoch 2012.0 (1 Januari 2012). Seiring perkembanan, pada tahun 2021 dilakukan pemutakhiran tehadap SRGI 2013, yang kemudia ditetapkan pada epoch 2021.0. Untuk menjembatani kedua versi tersebut, diperlukan transformasi koordinat lainnya. Proses transformasi ini membutuhkan parameter penghubung antara kedua sistem referensi, yang

diperoleh dari titik-titik sekutu (stasiun referensi yang memiliki koordinat di kedua sistem)

BAB 3
PENGUKURAN WATERPAS

3.1 Prinsip Dasar Sipat Datar (Waterpas)

1. Tujuan dari pengukuran waterpas :

Menentukan elevasi titik-titik di sepanjang jalur penampang topografi yang diukur.

Yang diukur adalah :

a) Jarak lintasan penampang topografi di antara setiap titik pengukuran
b) Selisih antartitik ukur

2. Manfaat dari Pengukuran waterpas meliputi:

a) Membentuk kerangka dasar peta penampang berdasarkan peta penampang yang ada
b) Menentukan elevasi titik-titik di suatu wilayah tertentu
c) Menentukan elevasi pada peta topografi untuk wilayah-wilayah khusus misalnya di daerah pertambangan, jalur terowongan kereta api, serta pembuatan penampang topografi untuk saluran irigasi, jalur kereta, jalan raya, dan lain sebagainya.

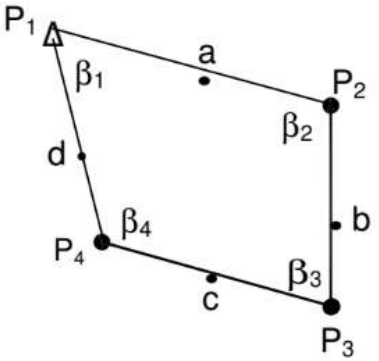
Bentuk Pengukuran Waterpas.

Bentuk pengukuran waterpas ada 2 macam :

1. Bentuk pengukuran waterpas tertutup
2. Bentuk pengukuran waterpas terbuka

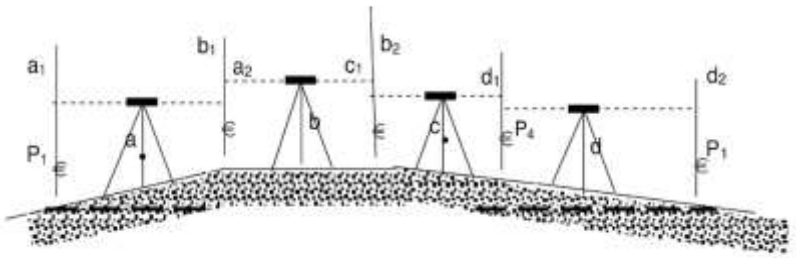
1. Bentuk Pengukuran Waterpas Tertutup

Pada pengukuran waterpas tertutup, titik awal akan menjadi titik akhir pengukuran (lihat gambar 3.1)



Bentuk Pengukuran Waterpass tertutup

Keterangan:
P1 = Titik awal dan akhir pengukuran
β1 → β4 = Sudut titik ukur poligon
• P1 →P4 = Titik ukur polygon
• a→• d = Titik tempat berdiri alat ukur
Δ = Titik triangulasi (diketahui koordinat dan ketinggiannya dari muka air laut
▬ = Garis ukur poligon



Bentuk Penampang Pengukuran Waterpass Tertutup

Keterangan:
P1 = Titik awal dan akhir pengukuran
• P1 →P4 = Titik ukur polygon
• a→• d = Titik tempat berdiri alat ukur
a1 →d2 = Pembacaan benang tengah pada rambu ukur
Pada umunya, pengukuran waterpad tertutup dilaksanakan pada titik-titik ukur poligon yang telah ditentukan terlebih dahulu. Tujuannya yaitu untuk memperoleh elevasi titik-titik ukur sebagai dasar pembuatan peta, yang mencakup:

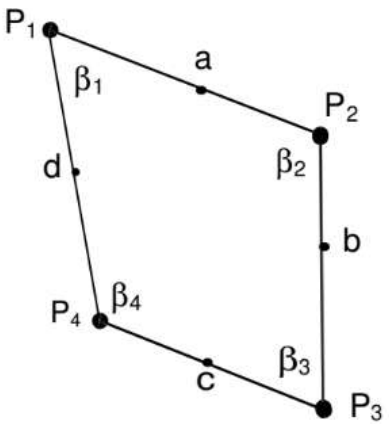
- Pemetaan kawasan waduk atau danau,
- Pemetaan wilayah pertambangan;
- Pemetaan kawasan permukiman,
- Pemetaan daerah pengairan, serta keperluan lainnya.

Bentuk Pengukuran Waterpas Tertutup dibagi menjadi 2 bagian:

1) Bagian pengukuran waterpas tertutup yang tak terikat pada titik tetap
2) Bagian pengukuran waterpas tertutup yang terikat pada titik tetap

1) Bagian Pengukuran Waterpas Tertutup Tak Terikat Titik Tetap

Dalam pengukuran waterpas tertutup tanpa ikatan titik tetap, titik awal merangkap sebagai titik akhir pengukuran, sehingga kesalahn beda tinggi dari hasil pengukuran dapat diketahui. Akan tetapi, karena awal dan akhir pengukuran tidak terikat pada titik tetap, maka ketinggian setiap titik ukur terhadap muka laut rata-rata tidak dapat diketahui pada gambar dibawah ini.

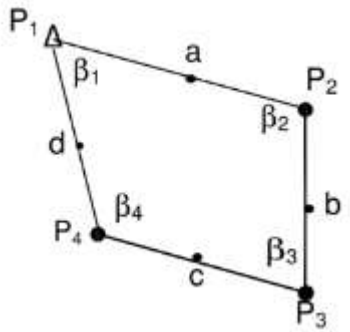


Bagian Pengukuran Waterpass Tertutup Tak Terikat Titik Tetap

Keterangan:
P1 = Titik awal dan akhir pengukuran
β1 → β4 = Sudut titik ukur poligon
• P1 →P4 = Titik ukur polygon
• a→• d = Titik tempat berdiri alat ukur
▬ = Garis ukur poligon

2) Bagian Pengukuran Waterpas Tertutup Terikat Titik Tetap

Dalam pengukuran waterpas tertutup dengan ikatan pada titik tetap, titik awal juga merupakan titik akhir pengukuran, sehingga kesalahan beda tinggi hasil pengukuran dapat terdeteksi. Karena kedua ujung pengukuran memiliki ikatan pada titik referensi tetap, maka elevasi setiap titik ukur secara absolut (lihat gambar dibawah ini).

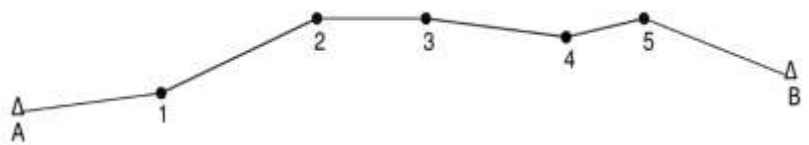


Bentuk Pengukuran Waterpass Tertutup

Keterangan:
P1 = Titik awal dan akhir pengukuran
β1 → β4 = Sudut titik ukur poligon
• P1 →P4 = Titik ukur polygon
• a→• d = Titik tempat berdiri alat ukur
= Garis ukur poligon
Δ = Titik triangulasi

2. Bentuk Pengukuran Waterpas Terbuka

Pada pengukuran waterpas terbuka, titik awal dan titik akhir berada pada lokasi yang berbeda, sehingga tidak terjadi penutupan loop pengukuran. (lihat gambar dibawah ini).



Pengukuran Waterpas Terbuka Tampak Atas

Pada umumnya, pengukuran waterpas terbuka dilaksanakan pada titik-titik hasil survei poligon terbuka yang telah ditentukan sebelumnya. Tujuan adalah untuk

memperoleh elevasi titk-titik ukur sebagai dasar penyusunan peta:

- Pemetaan kawasan saluran irigasi;
- Pemetaan wilayah terowongan;
- Pemetaan area lubang bukaan pada pertambangan;
- Pemetaan jalur rel jalan kereta api serta keperluan lainnya.

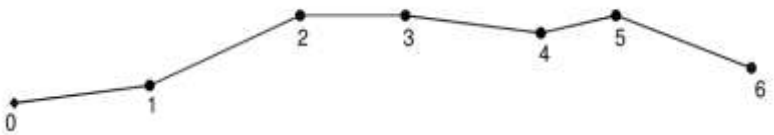
Keterangan:
A = Titik awal pengukuran
B = Titik akhir pengukuran
• 2; 4 = Titik ukur poligon terbuka
• 1, 3, 5 = Titik tempat berdiri alat ukur
Δ = Titik tetap/titik triangulasi

Pengukuran waterpas terbuka terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

1) Pengukuran waterpas terbuka tanpa ikatan pada titik tetap
2) Pengukuran waterpas terbuka dengan ikatan pada titik tetap

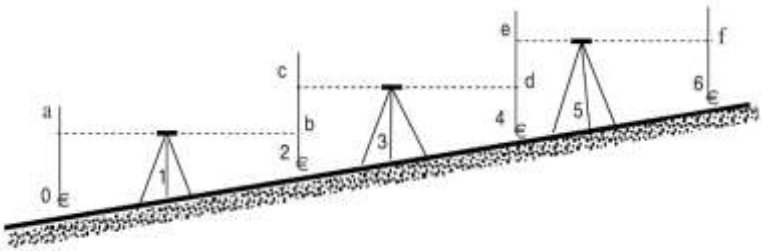
1) Bagian Pengukuran Waterpas Terbuka Tak Terikat Titik Tetap

Pada pengukuran waterpas terbuka tanpa ikatan titik tetap, titik awal dan titik akhir berada pada lokasi yang berbeda, sehingga kesalahan beda tinggi dari hasil pengukuran tidak dapat diidentifikasi. Oleh karena kedua ujung pengukuran tidak terikat pada titik referensi tetap, maka kesalahan beda tinggi serta elevasi absolut tiap titik ukur terhadap permukaan laut rata-rata tidak dapat ditentukan (lihat gambar dibawah ini).



Pengukuran Waterpas Terbuka Tak Terikat Titik Tetap Tampak Atas

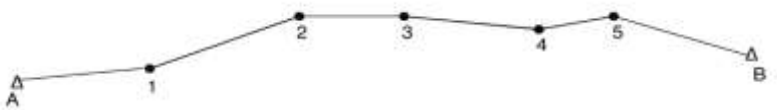
Keterangan:
0 = Titik awal pengukuran
6 = Titik akhir pengukuran
• 1; 3; 5 = Titik tempat berdiri alat ukur
= Garis ukur poligon terbuka



Pengukuran Penampang Waterpas Terbuka Tak Terikat Titik Tetap

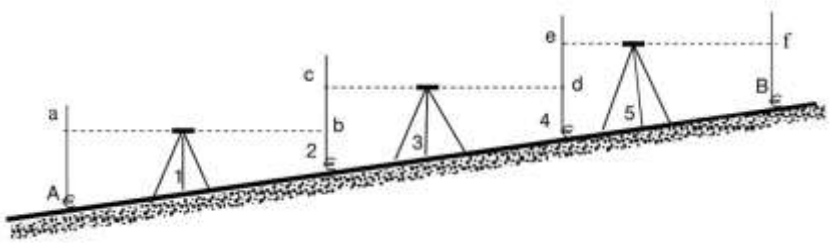
2) Bagian Pengukuran Waterpas Terbuka Terikat Titik Tetap

Pada pengukuran waterpas terbuka dengan ikatan pada titik tetap, meskipun titik awal dan titik akhir pengukuran terletak pada lokasi yang berbeda, kesalahan beda tinggi tetap dapat dihitung. Karena kedua ujung pengukuran terikat pada titik referensi yang sudah diketahui ketinggiannya, maka elevasi setiap titik ukur terhadap permukaan laut rata-rata dapat ditentukan secara absolut. (lihat gambar dibawah ini).



Pengukuran Waterpas Terbuka Terikat Titik Tetap Tampak Atas

Keterangan:
A = Titik awal pengukuran
B = Titik akhir pengukuran
• 1; 3; 5 = Titik tempat berdiri alat ukur
▬ = Garis ukur poligon terbuka
Δ = Titik tetap



Pengukuran Penampang Waterpas Terbuka Terikat Titik Tetap

3.2 Peralatan dan Kalibrasi Alat

Keberhasilan pengukuran beda tinggi dengan metode sipat datar (*leveling*) sangat tergantung pada hubungan geometris antar komponen instrumen. Sebelum melakukan pengukuran, mahasiswa wajib memastikan bahwa alat berada dalam kondisi "laik ukur" melalui prosedur kalibrasi mandiri maupun laboratorium. Pemahaman terhadap fungsi setiap alat adalah langkah awal untuk memitigasi kesalahan manusia (*human error*):

1. **Waterpass (Sipat Datar):** Instrumen yang didesain untuk menciptakan garis bidik horizontal melalui bantuan nivo. Pada tipe otomatis, terdapat komponen **kompensator** yang secara mekanis menjaga garis bidik tetap horizontal meskipun alat sedikit miring.
2. **Rambu Ukur (*Leveling Staff*):** Mistar berskala yang berfungsi sebagai target pembacaan. Skala pada rambu umumnya dalam satuan sentimeter (*E-Scale*) atau millimeter.
3. **Statif (*Tripod*):** Pondasi bagi waterpass. Statif yang baik harus memiliki sekrup pengunci yang kuat dan ujung kaki yang tajam untuk menancap stabil di permukaan tanah.
4. **Nivo Rambu (Unting-unting):** Alat bantu untuk memastikan rambu berdiri benar-benar tegak lurus (vertikal), guna menghindari kesalahan pembacaan akibat kemiringan rambu.

Secara meteorologis, kalibrasi waterpass bertujuan untuk menentukan korelasi antara nilai yang terbaca pada alat dengan nilai standar yang sebenarnya. Sesuai prinsip **SNI ISO/IEC 17025**, hasil pengukuran harus memiliki:

- **Ketertelusuran (*Traceability*):** Data dapat dirunut hingga ke standar nasional (BSN).
- **Ketidakpastian (*Uncertainty*):** Rentang kesalahan yang diizinkan (misalnya ± 2 mm untuk jarak 1 km pengukuran ganda).

3.2.1 Prosedur Kalibrasi Alat

Terdapat dua pengujian wajib yang harus dilakukan mahasiswa sebelum mengambil data proyek:

A. Uji Nivo Kotak (Sumbu I Vertikal)

Tujuan: Memastikan sumbu satu instrumen benar-benar vertikal sehingga saat alat diputar ke segala arah, garis bidik tetap berada dalam bidang horizontal.

Prosedur: Tengahkan gelembung nivo dengan sekrup pendatar. Putar alat 180°. Jika gelembung bergeser, lakukan penyetelan pada sekrup nivo hingga gelembung kembali ke tengah.

B. Uji Kolimasi (Metode Dua Standar / *Two-Peg Test*)

Ini adalah aspek terpenting dalam kalibrasi waterpass. Tujuannya memastikan garis bidik sejajar dengan garis nivo (horizontal). Jika tidak sejajar, akan terjadi kesalahan kolimasi (α).

Prosedur:

1. Tentukan dua titik (A dan B) dengan jarak $\pm$ 50 meter.
2. Letakkan alat tepat di tengah (Posisi 1), baca rambu A (α_1) dan rambu B (b_1) . Beda tinggi $\Delta h = \alpha_1 - b_1$.
3. Pindahkan alat mendekati salah satu rambu, misal di luar titik A (Posisi 2), baca rambu A (α_2) dan rambu B (b_2). Beda tinggi $\Delta h = \alpha_2 - b_2$.

Analisis: Jika $\Delta h_1 \neq \Delta h_2$, maka alat memiliki kesalahan kolimasi. Besar sudut kesalahan dapat dihitung dan diaplikasikan sebagai faktor koreksi pada data mentah.

3.2.2 Manajemen dan Perawatan Peralatan

Berdasarkan standar operasional laboratorium teknik sipil:

- Pembersihan: Lensa optik hanya boleh dibersihkan dengan kuas halus atau tisu lensa untuk menjaga lapisan *coating*.
- Transportasi: Jangan memindahkan alat yang masih terpasang di statif dengan cara di panggul secara horizontal. Guncangan berlebih dapat merusak mekanisme kompensator.
- Penyimpanan: Gunakan *silica gel* di dalam kotak alat untuk mencegah jamur (fungus) akibat kelembaban tinggi, terutama di wilayah pesisir.

3.2.3 Dampak Teknis Kegagalan Kalibrasi

Dalam konstruksi, kesalahan kalibrasi waterpass berakibat pada:

1. ***Backwater* pada Drainase:** Saluran air yang sudah dibangun tidak bisa mengalirkan air karena elevasi hilir lebih tinggi dari hulu.
2. **Ketidakrataan Jalan:** Menyebabkan genangan air pada perkerasan lentur yang mempercepat kerusakan jalan.

3.3 Metode Pengukuran Beda Tinggi (Memanjang, Melintang, Luas)

3.3.1 Bentuk Pengukuran Waterpas Tertutup

1. Waterpas tak terikat titik tetap

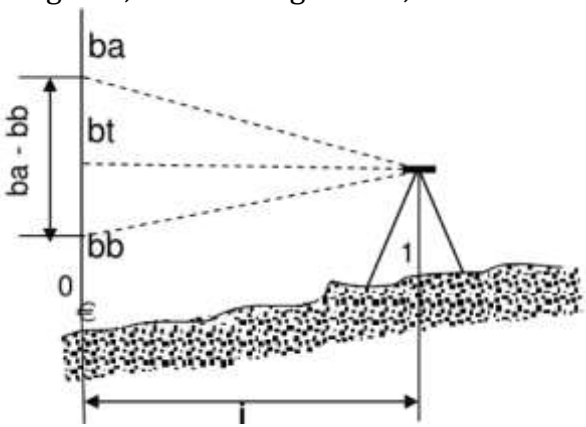
Yang diukur pada pengukuran waterpas tak terikat titik tetap yaitu:

a. Jarak antartitik ukur

Jarak antartitik ukur dapat diketahui dengan persamaan : j = (ba – bb) x 100

Keterangan:

ba = benang atas, bb = benang bawah, 100 = konstanta



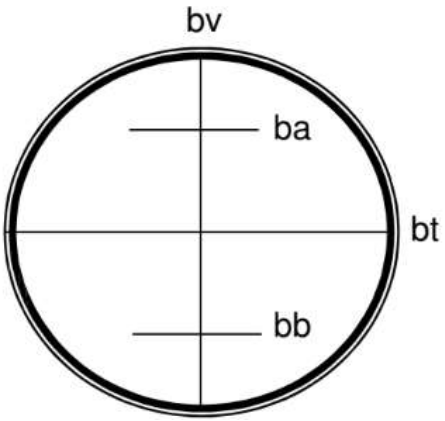
Pembacaan Benang Jarak pada Bak Ukur

Keterangan:

ba = benang atas; bb = benang bawah

bt = benang tengah; ba → bb = jarak pada rambu ukur

j = jarak dari titik 0 → 1 (jarak horizontal di lapangan)



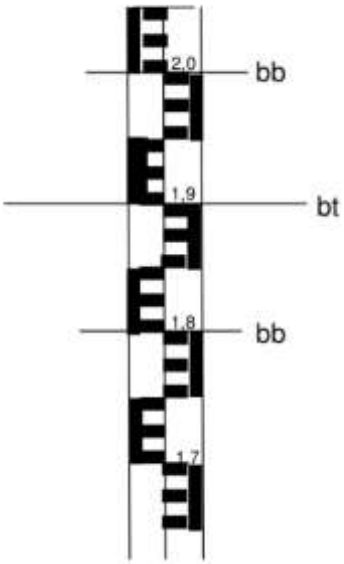
Benang Diafragma dalam Teropong

Keterangan :

ba, bb = benang jarak (untuk menentukan jarak optis)

bt = benang tengah horizontal (untuk menentukan garis bidik dalam pengukuran beda tinggi)

bv = benang tengah vertical (untuk menentukan arah bidik horizontal)

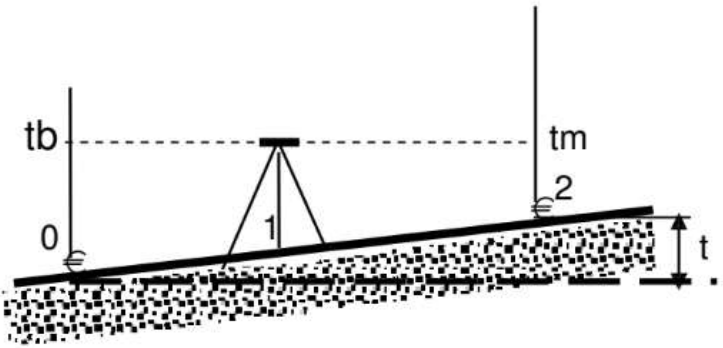


Kedudukan Benang Diapragma pada Bak Ukur

J = (ba – bb) x 100 = (2 -1,8) x100 = 20 m

b. Beda tinggi antar titik ukur

Beda tinggi antartitik ukur dihitung dengan persamaan: t = tb – tm



Pengukuran Beda Tinggi

Keterangan: tb = benang tengah belakang
tm = benang tengah muka
t = beda tinggi antara titik 0 → 2

Untuk menguji apakah hasil pengukuran beda tinggi pada waterpas tertutup, dapat menggunakan persamaan berikut:
1). Kalau benar ⇒ h = (∑t+) + (∑t-) = 0
2). Kalau salah ⇒ hP ≠ h ≠ (∑t+) + (∑t-) ≠ 0
3). Kesalahan beda tinggi ⇒ e = hP - h
Keterangan:
∑t+ = Jumlah beda tinggi positif
∑t- = Jumlah beda tinggi negatif
h = beda tinggi hasil hitungan antara titik awal dan titik akhir pengukuran
hP = beda tinggi perhitungan antara titik awal dan titik akhir pengukuran

e = Kesalahan beda tinggi antara titik awal dan titik akhir pengukuran

Untuk mempermudah pembuatan peta penampang, disarankan agar pada titik awal pengukuran ditetapkan nilai ketinggian lokal, dan nilai tersebut sebaiknya ditetapkan sekecil mungkin (minimum).

2. Waterpas Terikat Titik Tetap

Pada waterpas terikat titik tetap, besaran yang diukur meliputi:

a. Jarak antartitik ukur

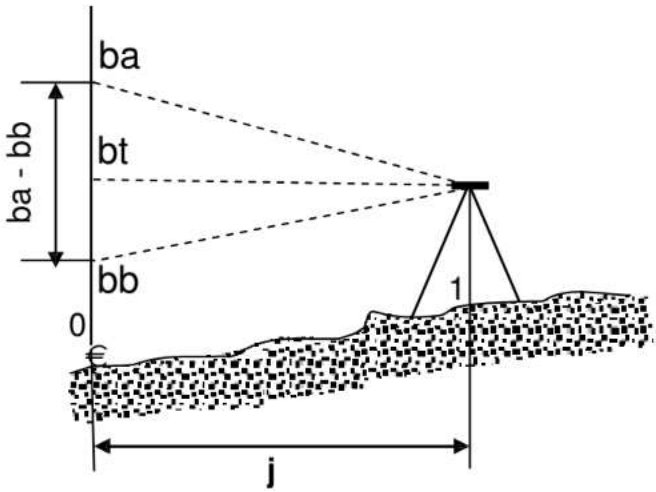
Jarak antartitik ukur dapat dihitung menggunakan persamaan berikut : j = (ba – bb) x 100

Keterangan:

ba = benang atas,

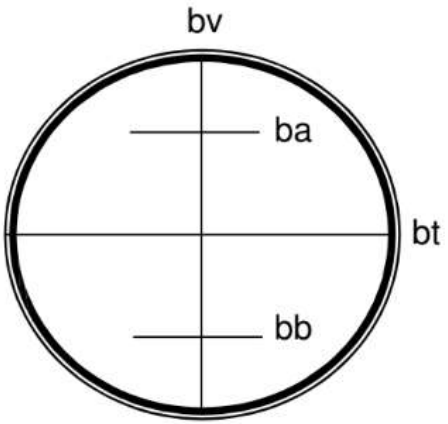
bb = benang bawah,

100 = konstanta



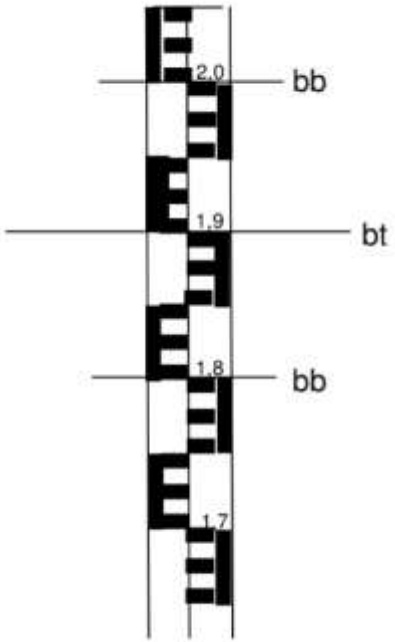
Pembacaan Benang Jarak pada Bak Ukur

Keterangan:
ba = benang atas; bb = benang bawah
bt = benang tengah; ba → bb = jarak pada rambu ukur
j = jarak dari titik 0 → 1 (jarak horizontal di lapangan)



Benang Diafragma dalam Teropong

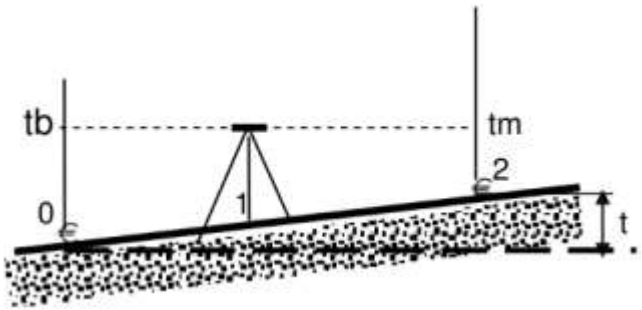
Keterangan :
ba, bb = benang jarak (untuk mengetahui jarak)
bt = benang tengah horizontal (untuk mengetahui garis bidik beda tinggi)
bv = benang tengah vertical (untuk mengetahui garis bidik horizontal)



Kedudukan Benang Diapragma pada Bak Ukur
J = (ba – bb) x 100 = (2 -1,8) x100 = 20 m

b. Beda tinggi antar titik ukur

Beda tinggi antartitik ukur dapat dihitung menggunakan persamaan: t = tb – ™



Pengukuran Beda Tinggi

Keterangan:
tb = benang tengah belakang
tm = benang tengah muka
t = beda tinggi antara titik 0 → 2

Untuk menguji ketepatan hasil pengukuran beda tinggi, digunakan persamaan berikut:

1). Kalau benar ⇒ h = (∑t+) + (∑t-) = 0
2). Kalau salah ⇒ hP ≠ h ≠ (∑t+) + (∑t-) ≠ 0
3). Kesalahan beda tinggi ⇒ e = hP - h
∑t+ = Jumlah beda tinggi positif
∑t- = Jumlah beda tinggi negatif
h = beda tinggi hasil hitungan dari titik aawal ke titik akhir
hP = beda tinggi hasil perhitungan dari titik awal ke titik akhir
e = selisih/kesalahan beda tinggi antara titik awal dan titik akhir

Untuk memudahkan penggambaran peta penampang, sebaiknya titik awal diberi elevasi yang merupakan angka bulat terhadap muka laut.

3.3.2 Bentuk Pengukuran Waterpas Terbuka

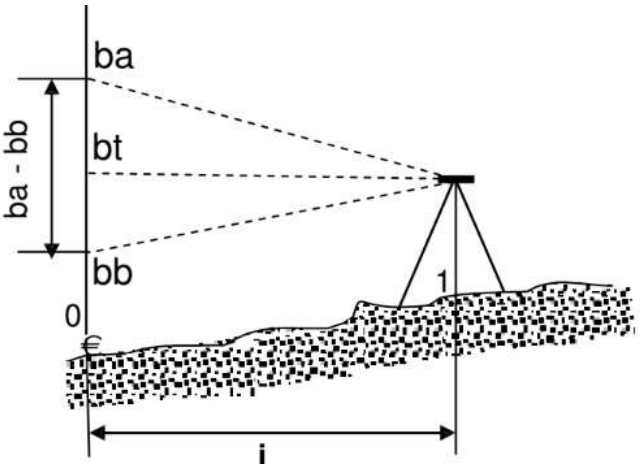
1. Waterpas terbuka tak terikat titik tetap

Pada waterpas terbuka tak terikat titik tetap, besaran yang diukur meliputi:

a. Jarak antartitik ukur

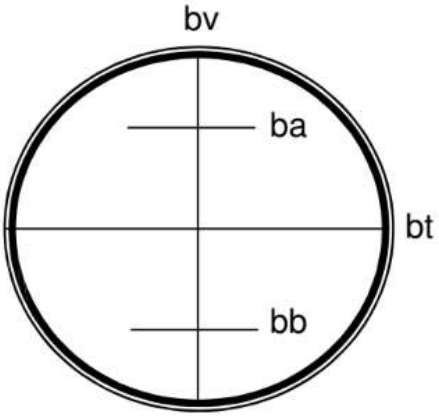
Jarak antartitik ukur dapat dihitung dengan persamaan : j = (ba – bb) x 100

Keterangan:
ba = benang atas,
bb = benang bawah,
100 = konstanta



Pembacaan Benang Jarak pada Bak Ukur

Keterangan:
ba = benang atas; bb = benang bawah
bt = benang tengah; ba → bb = jarak pada rambu ukur
j = jarak dari titik 0 → 1 (jarak horizontal di lapangan)



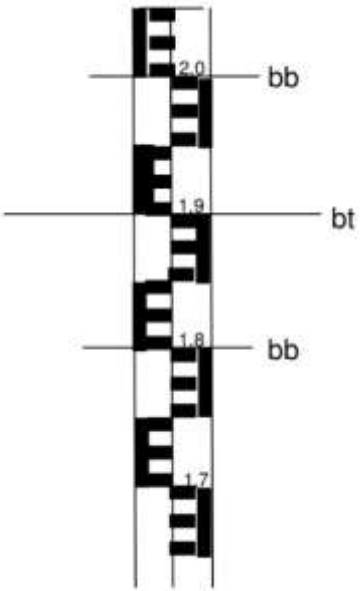
Benang diafragma dalam Teropong

Keterangan :

ba, bb = benang jarak (untuk menentukan jarak optis)

bt = benang tengah horizontal (untuk menentukan garis bidik beda tinggi)

bv = benang tengah vertical (untuk menentukan garis bidik horizontal)

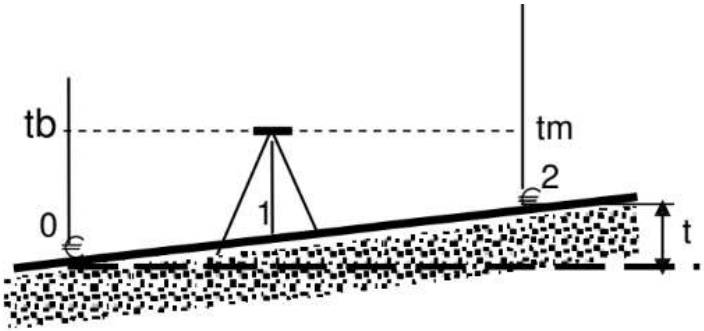


Kedudukan Benang Diapragma pada Bak Ukur

J = (ba – bb) x 100 = (2 -1,8) x100 = 20 m

b. Beda tinggi antar titik ukur

Beda tinggi antartitik ukur dihitung dengan persamaan: t = tb – tm



Pengukuran Beda Tinggi

Keterangan:
tb = benang tengah belakang
tm = benang tengah muka
t = beda tinggi antara titik 0 → 2

Untuk mengetahui apakah hasil pengukuran beda tinggi sudah benar atau masih terdapat kesalahan, maka digunakan persamaan sebagai berikut:
1). Kalau benar ⇒ h = H AKHIR - H AWAL= (∑t+) + (∑t-) = hP
2). Kalau salah ⇒ hP ≠ h ≠ (∑t+) + (∑t-)
3). Kesalahan beda tinggi ⇒ e = hP – h

∑t+ = Jumlah beda tinggi positif
∑t- = Jumlah beda tinggi negatif
h = beda tinggi hasil hitungan antara titik awal dan titik akhir pengukuran
hP = beda tinggi hasil perhitungan antara titik awal dan titik akhir pengukuran
e = Kesalahan beda tinggi antara titik awal dan titik akhir pengukuran

Untuk mempermudah pembuatan peta penampang, disarankan agar pada titik awal pengukuran ditetapkan nilai ketinggian lokal yang bulat

2. Waterpas Terbuka Tak Terikat Titik Tetap

Yang diukur pada pengukuran waterpas terbuka tak terikat titik tetap adalah

a. Jarak antartitik ukur

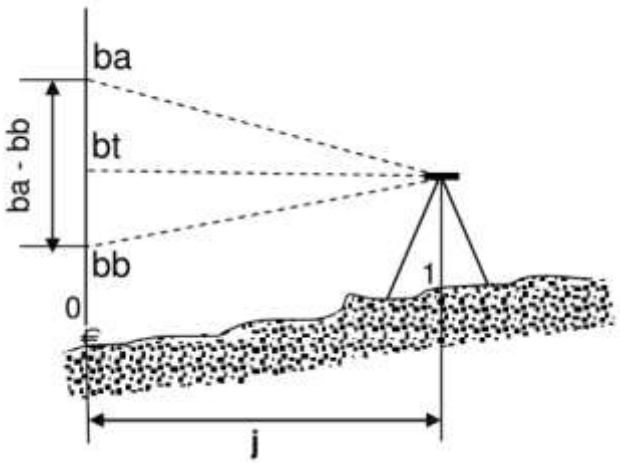
Jarak antartitik ukur dapat dihitung dengan persamaan : j = (ba – bb) x 100

Keterangan:

ba = benang atas,

bb = benang bawah,

100 = konstanta



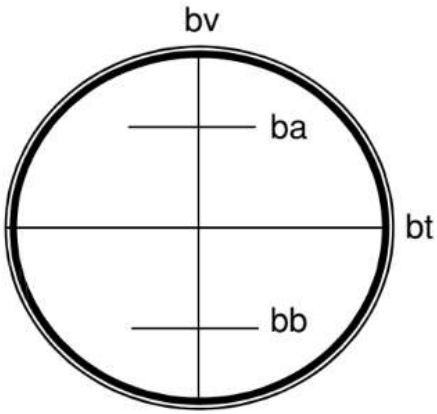
Pembacaan Benang Jarang pada Bak Ukur

Keterangan:

ba = benang atas; bb = benang bawah

bt = benang tengah; ba → bb = jarak pada rambu ukur

j = jarak dari titik 0 → 1 (jarak horizontal di lapangan)



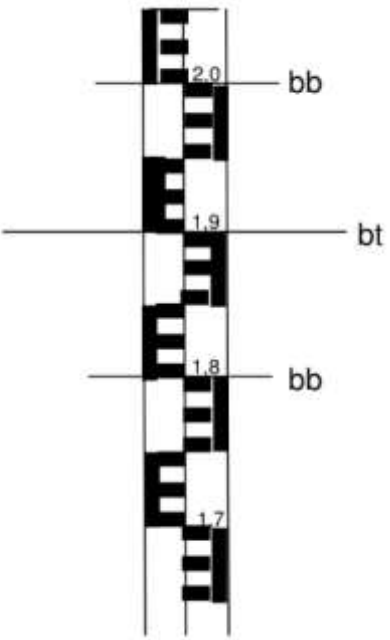
Benang Diafragma dalam Teropong

Keterangan :

ba, bb = benang jarak (untuk menentukan jarak)

bt = benang tengah horizontal (untuk menentukan garis bidik beda tinggi)

bv = benang tengah vertical (untuk menentukan garis bidik horizontal)

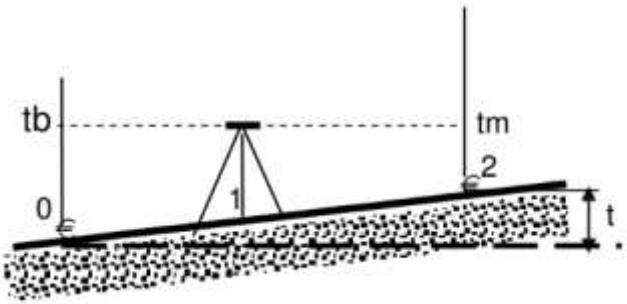


Kedudukan benang diapragma pada Bak Ukur

J = (ba – bb) x 100 = (2 -1,8) x100 = 20 m

b. Beda tinggi antar titik ukur

Beda tinggi antartitik ukur dihitung dengan persamaan: t = tb – tm



Pengukuran Beda Tinggi

Keterangan:

tb = benang tengah belakang

tm = benang tengah muka

t = beda tinggi antara titik 0 → 2

Untuk mengetahui kebenaran/kesalahan hasil pengukuran beda tinggi, persamaannya sebagai berikut

1). Kalau benar ⇒ h = H AKHIR - H AWAL= (∑t+) + (∑t-) = hP

2). Kalau salah ⇒ hP ≠ h ≠ (∑t+) + (∑t-)

3). Kesalahan beda tinggi ⇒ e = hP – h

∑t+ = Jumlah beda tinggi positif

∑t- = Jumlah beda tinggi negatif

h = beda tinggi hasil hitungan antara titik awal dan titik akhir pengukuran

hP = beda tinggi hasil perhitungan antara titik awal dan titik akhir pengukuran

e = Kesalahan beda tinggi antara titik awal dan titik akhir pengukuran

Untuk memudahlan pembuatan peta penampang, sebaiknya titik awal pengukuran ditetapkan dengan nilai bulat dan minimum berdasarkan ketinggian permukaan air laut.

3.4 Pembukuan Lapangan dan Koreksi Kesalahan Penutup Tinggi

Setelah data pembacaan benang yang diperoleh dari prosedur di **Sub-bab 3.3** tidak dapat langsung digunakan sebagai elevasi final. Hal ini dikarenakan setiap pengukuran pasti mengandung kesalahan (*error*), baik karena faktor alat, kelengkungan bumi, maupun keterbatasan manusia. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan data atau pembukuan. Proses ini bertujuan untuk mendeteksi adanya kesalahan dan mendistribusikan koreksi agar diperoleh elevasi titik yang akurat secara geometris. Terdapat dua format pembukuan yang umum digunakan dalam standar internasional (Ghilani & Wolf, 2015):

1. **Metode Tinggi Alat (*Height of Instrument*):** Menghitung ketinggian garis bidik terlebih dahulu. Sangat efektif untuk pengukuran detail/luas.
2. **Metode *Rise and Fall* (Naik-Turun):** Menghitung beda tinggi antar titik secara berurutan. Metode ini memiliki kontrol aritmatika yang lebih baik untuk pengukuran memanjang.

3.4.1 Validasi Aritmatika Data Lapangan

Sebelum melakukan koreksi, surveyor harus memastikan tidak ada kesalahan hitung pada setiap baris pembukuan. Pengecekan dilakukan dengan rumus kontrol berikut:

$$\Sigma BT_{belakang} - \Sigma BT_{muka} = \Sigma \Delta h$$

Jika persamaan di atas tidak terpenuhi, berarti terdapat kesalahan penjumlahan atau pengurangan pada kolom beda tinggi (Δh). Kesalahan ini harus diperbaiki sebelum melangkah ke tahap analisis kesalahan penutup.

3.4.2 Analisis Kesalahan Penutup Tinggi (f_h)

Kesalahan penutup tinggi ($\boldsymbol{f_h}$) adalah selisih antara jumlah beda tinggi hasil pengukuran dengan beda tinggi teoritis (ideal). Secara matematis, sesuai standar **Ghilani & Wolf (2015)**, perhitungannya adalah:

Sipat Datar Tertutup Penutup Tinggi (Kembali ke Awal)

$$\boldsymbol{f_h} = \Sigma \Delta h$$

(Secara teoritis harusnya 0, sehingga total beda tinggi langsung menjadi nilai kesalahan).

Sipat Datar Titik Tetap

$$\boldsymbol{f_h} = \Sigma \Delta h\text{-}(\boldsymbol{H_{akhir} - H_{awal}})$$

3.4.3 Pengujian Batas Toleransi (SNI 19-6733-2002)

Setiap proyek memiliki spesifikasi ketelitian. Mahasiswa harus menentukan apakah nilai $\boldsymbol{f_h}$ tersebut masuk dalam batas yang diizinkan ($\boldsymbol{T}$). Berdasarkan standar nasional Indonesia, batas toleransi untuk pengukuran tingkat III (umum digunakan dalam konstruksi jalan dan bangunan) adalah:

$$T = \pm 10mm\sqrt{D} \text{ atau } T = \pm 12mm\sqrt{D}$$

Di mana D adalah total jarak pengukuran dalam satuan **kilometer**.

Kriteria keputusan:

- Jika $|f_h| \leq |T|$: Data **Diterima**, lanjut ke tahap distribusi koreksi.
- Jika $|f_h| > |T|$: Data **Gagal**, wajib dilakukan pengukuran ulang di lapangan.

3.4.4 Metode Distribusi Koreksi (k)

Jika data diterima, kesalahan ($\boldsymbol{f_h}$) harus dihilangkan dengan memberikan koreksi ($\boldsymbol{T}$) pada setiap beda tinggi. Nilai koreksi adalah lawan dari nilai kesalahan (-$\boldsymbol{f_h}$).

a. Koreksi Berdasarkan Jarak (Metode Utama)

$$K_i = \frac{d_i}{\Sigma d} \times (-f_h)$$

Metode ini dianggap paling ilmiah menurut literatur internasional (**Schofield & Breach, 2007**) karena mengakui bahwa kesalahan lebih besar terjadi pada jalur yang lebih panjang.

b. Koreksi Berdasarkan Jumlah Slag

$$K_i = \frac{1}{n} \times (-f_h)$$

Jika jarak antar titik tidak diukur atau relatif sama, koreksi dibagi rata ke seluruh jumlah berdiri alat ($\boldsymbol{n}$).

3.4.5 Perhitungan Elevasi Akhir (Definitif)

Elevasi titik $\boldsymbol{H_i}$ yang akurat didapatkan dengan menjumlahkan elevasi titik sebelumnya dengan beda tinggi yang sudah diberi koreksi.

$$H_i = H_{i-1} + (\Delta h_i + K_i)$$

BAB 4
PENGUKURAN POLIGON

4.1 Definisi dan Klasifikasi Poligon dalam Survei

4.1.1 Teori poligon

Pada proses pemetaan sebuah wilayah, diperlukan adanya kerangka dasar yang berfungsi ganda sebagai titik ikat dan titik kontrol. Titik-titik pada kerangka ini memiliki koordinat dan ketinggian yang diketahui, dipasang dengan jarak tertentu, serta terbuat dari struktur permanen dengan bahan yang awet, terdokumentasi dengan baik, and mudah dikenali di lapangan.

Titik kerangka dasar adalah titik ikat yang posisi horizontalnya (X dan Y) maupun ketinggiannya (Z) telah diketahui. Titik berfungsi sebagai acuan dalam menentukan posisi titik-titik lain yang dibidik (arah, sudut, beda tinggi). Berdasarkan titik ikat tersebut, selanjutnya dapat dihitung koordinat titik-titik baru yang dibidik.

Titik kerangka dasar juga berfungsi sebagai titik kontrol, yaitu digunakan untuk mengontrol hasil perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Guna memastikan tingkat keakuratannya, sebaiknya titik kontrol yang digunakan berasal dari kerangka yang berbeda (bukan dari titik ikat), sehingga kebenaran koordinat serta ketinggian titik sebelumnya dapat diketahui.

4.1.2 Poligon kerangka dasar

Pada daerah yang relatif sempit (20 km x 20 km), metode pengukuran yang umum digunakan yaitu metode pengukuran poligon. Poligon disini merupakan rangkaian titik-titik yang dihubungkan dalam suatu garis khayal. Untuk menentukan koordinat dari titik satu ke titik lain, pekerjaan pengukuran harus meliputi :

- Koordinat titik awal/ akhir.

  Koordinat ini didapat dari hasil pengukuran terdahulu atau ditetapkan secara acak (sembarang).

- Azimuth awal/ akhir.

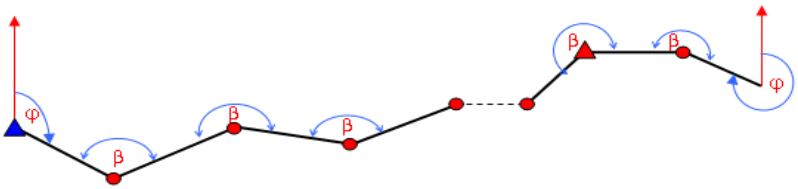
  Azimuth dapat diperoleh dengan beberapa cara, yaitu dari perhitungan koordinat yang telah tersedia, hasil pengamatan astronomi (bintang/langit), ataupun pengukuran dengan menggunakan teodolit kompas.

- Jarak

  Pengukuran jarak merupakan data yang diperoleh langsung dari lapangan, yang dapat dilakukan secara manual(menggunakan pita ukur) maupun dengan menggunakan theodolit. Pada saat pengukuran, lintasan antar titik poligon harus dibentuk selurus mungkin. Jika kondisi tanah miring, pita ukur harus dijaga dalam posisi sedatar mungkin agar hasil pengukuran tidak menyimpang.

- Sudut dalam

Sudut ditentukan pula berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan di lapangan, dengan menggunakan alat ukur teodolit, di mana arah putaran alat sebaiknya dilakukan searah jarum jam.

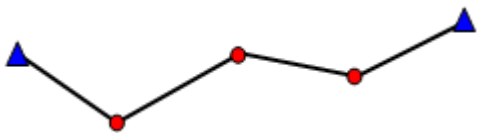


Contoh Poligon



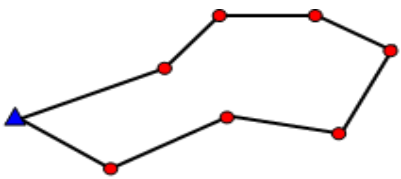
4.1.3 Bentuk-bentuk poligon

1. Poligon Terbuka : titik awal tidak dijadikan sebagai titik akhir



Contoh Poligon Terbuka

2. Poligon Tertutup : Titik awal dan titik akhir koordinat berhimpit (satu titik), berawal dan berakhir di satu titik.



Contoh Poligon Tertutup

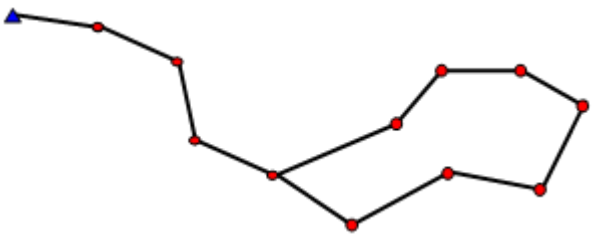
3. Poligon Bercabang : poligon terbuka yang memiliki cabang



Contoh **Validasi Aritmatika Data Lapangan**

Poligon Bercabang

4. Poligon Kombinasi : perpaduan antara poligon terbuka dan poligon tertutup.



Contoh Poligon Kombinasi

4.2 Pengukuran Sudut Horizontal dan Azimuth

Pengukuran poligon bertujuan untuk menentukan posisi horizontal (X, Y) sejumlah titik di lapangan yang saling terhubung membentuk suatu rangkaian. Unsur utama dalam penentuan posisi ini adalah **Jarak Horizontal** dan **Arah (Sudut)**

4.2.1 Sudut Horizontal (β)

Sudut horizontal adalah selisih antara dua arah bidikan pada bidang datar. Dalam poligon, sudut ini dibedakan menjadi dua berdasarkan posisi titik terhadap arah jalur:

1. **Sudut Dalam (*Interior Angles*):** Sudut yang terletak di bagian dalam poligon tertutup. Syarat Geometris Sudut Dalam:

   $$\Sigma\beta = (n-2).180°$$

2. **Sudut Luar (*Exterior Angles*):** Sudut yang terletak di bagian luar poligon tertutup. Syarat Geometris Sudut Luar:

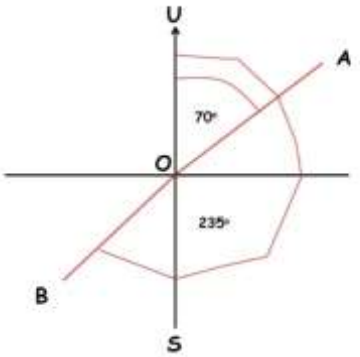
   $$\Sigma\beta = (n+2).180°$$

3. **Sudut Defleksi (*Deflection Angles*):** Sudut yang terbentuk antara perpanjangan garis sebelumnya dengan garis berikutnya (sering digunakan pada perencanaan jalan).

4.2.2 Sudut Azimuth (α)

Azimut merupakan sudut yang diukur searah jarum jam dari suatu meridian acuan tertentu. Dalam pengukuran tanah datar (Ilmu Ukur Tanah), azimut umumnya diukur dari arah Utara, dengan rentang nilai antara **0° hingga 360°**.

1. **Azimuth Astronomis:** Ditentukan berdasarkan pengamatan benda langit (matahari atau bintang).
2. **Azimuth Magnetis:** Ditentukan dengan bantuan kompas atau *Boussole*.
3. **Azimuth Geometris:** Hasil hitungan berdasarkan koordinat dua titik yang sudah diketahui (X, Y).



Dalam menyusun pembukuan poligon, azimuth garis berikutnya dihitung berdasarkan azimuth garis sebelumnya dan sudut horizontal yang diukur di titik tersebut.

Jika β_n adalah **sudut dalam** yang diukur di titik $\boldsymbol{n}$ (searah jarum jam dari stasiun belakang), maka rumus azimuth garis berikutnya (($\alpha_{n;n+1}$) adalah:

$$\alpha_{n;n+1}=(\alpha_{n;n-1}+180°-\boldsymbol{\beta_n}) \bmod 360°$$

Sedangkan jika sudut yang diukur adalah **sudut kanan** (*Angle to the right*), rumusnya menjadi:

$$\alpha_{n;n+1}=(\alpha_{n;n-1}+\beta_{\boldsymbol{n}}) \bmod 360°$$

Dalam pekerjaan poligon, Azimuth titik selanjutnya ($\alpha_{n;n+1}$) dihitung berdasarkan Azimuth sebelumnya ($\alpha_{n;n-1}$) dan sudut horizontal (β):

$$\alpha_{n;n+1}=(\alpha_{n;n-1}+\beta_{\boldsymbol{n}}) \; 180°$$

(Catatan: Jika hasil hitungan negatif, tambahkan 360°. *Jika lebih dari* 360°, *kurangi* 360°*)*.

4.3 Perhitungan Koordinat dan Koreksi *Bowditch*/Transit

Salah satu hitungan perhitungan polygon yang paling sering digunakan dalam survey dan pemetaan adalah dengan metode *Bowditch*. Metode *Bowditch* adalah Metode perataan hitungan dimana koreksi diberikan pada setiap titik berdasarkan bobot jarak langsung. Semakin panjang jarak antara dua titik,semakin besar koreksi yang diberikan. Prosedur dasar perhitungan poligon dengan metode *Bowditch* adalah berdasarkan langkah – langkah :

1. Mengatur data sudut dan jrak menjadi format yang memudahkan proses hitungan.
2. Menentukan nilai jarak dasar dari hasil pengukuran.
3. Menghitung sudut jurusan (azimuth) awal.
4. Menghitung sudut ukuran.
5. Menghitung azimuth untuk setiap titik.
6. Menghitung beda tinggi.
7. Menghitung absis dan ordinat.
8. Perataan hitungan.

Secara umum, data hasil ukuran disusun dan diolah menggunakan perangkat lunak (*software*) *Microsoft Office* (MS) Excel.

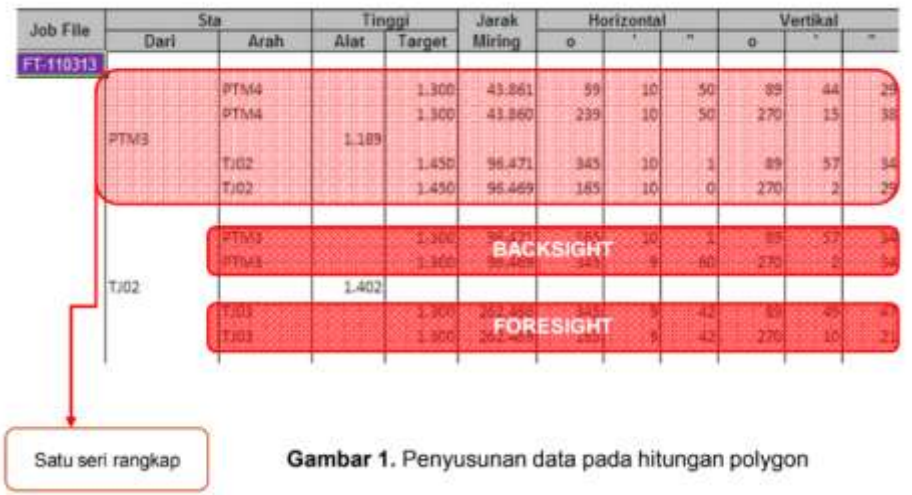
1. Menyusun data sudut dan jarak ke dalam format hitungan.

   Data diperoleh dari hasil pengukuran disusun sedemikian rupa, sehingga mudah untuk diolah. Prinsip dasar penyusunan data untuk penghitungan di sini adalah dengan memisahkan data- data :

   - Kode titik stasiun berdiri alat.
   - Kode titik jurusan (arah tembakan), dibedakan menjadi sudut arah belakang (*backsight*) dan sudut arah ke depan (*foresight*).

- Tinggi alat di stasiun berdiri alat.
- Tinggi target.
- Jarak miring, atau jarak hasil ukuran.
- Sudut horizontal, yang dipisahkan menjadi derajat,menit, dan detik.
- Sudut vertikal , yang juga dipisahkan menjadi derajat,menit dan detik.

Susunan yang umum digunakan adalah seperti tampak pada Gambar dibawah ini Data dikelompokkan pada satu ukuran seri rangkap (B-B-LB-LB), dimana data backsight dikelompokkan secara terpisah dengan data foresight. Tujuan pemisahan ini adalah untuk memudahkan proses hitungan menggunakan kolom-kolom yang ada pada MS Excel.



Gambar 1. Penyusunan data pada hitungan polygon

Susunan data di atas berdasarkan pengukuran dengan posisi titik sebagai berikut:



Jalur poligon terukur

Jika semua data hasil pengukuran sudah disusun sesuai standar di atas, penghitungan bisa dimulai.

2. Menghitung jarak dasar.

Jarak datar diperoleh berdasarkan rumus:

D = S sin h

Dimana:

D : jarak datar

S : jarak miring

h : sudut vertikal

Sehingga, pada kolom selanjutnya (setelah sudut vertikal), bisa diberikan rumus di atas untuk mendapatkan jarak datar pada masing-masing ukuran. Pada program MS Excel, rumus yang diberlakukan menjadi:

$$D = S * \sin\left(\left(d + \frac{m}{60} + \frac{s}{3600}\right) * \frac{pi(\ )}{180}\right)$$

Dimana:

D : jarak datar

S : jarak miring

d : derajat sudut vertikal

m : menit sudut vertikal

s : detik sudut vertikal

pi : konstanta lingkaran (3.14)

Kenapa harus dikalikan dengan pi()/180? Karena secara standar, perhitungan sudut dalam MS Excel menggunakan sistem radian, dimana diketahui bahwa 1 lingkaran penuh (3600) setara dengan 2 pi radian.

Sta		Tinggi		Jarak	Horizontal			Vertikal			Jarak	
Dari	Arah	Alat	Target	Miring	°	'	"	°	'	"	Datar	Rerata
												43.860
	PTM4		1.300	43.861	59	10	50	89	44	29	43.861	
	PTM4		1.300	43.860	239	10	50	270	15	38	43.860	
PTM3		1.189										
	TJ02		1.450	96.471	345	10	1	89	57	34	96.471	
	TJ02		1.450	96.469	165	10	0	270	2	29	96.469	
												96.470
	PTM3		1.300	96.471	165	10	1	89	57	34	96.471	
	PTM3		1.300	96.469	345	9	60	270	2	34	96.469	
TJ02		1.402										
	TJ03		1.300	262.486	345	9	42	89	49	47	262.485	
	TJ03		1.300	262.489	165	9	42	270	10	21	262.488	

Hitungan jarak datar

Jarak datar yang diperoleh kemudian dihitung rata-ratanya untuk setiap kumpulan jarak yang sama (di antara dua titik yang sama).

3. Menghitung sudut jurusan (azimuth) awal.

   Fungsi azimuth adalah untuk memberikan arah titik yang diukur (*foresight*) relatif terhadap titik acuan (*backsight*). Seperti yang sudah dijelaskan dalam materi Ilmu Ukur Tanah, pengukuran poligon sebaiknya dimulai dari dua titik fix (BM) yang koordinatnya telah diketahui. Salah satu titik digunakan sebagai stasiun berdiri alat, dan titik lainnya sebagai bidikan belakang (backsight). Dari koordinat kedua titik BM tersebut, nilai azimuth awal dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\alpha = \tan^{-1}((x_2 - x_1)/(y_2 - y_1))$$

Dimana:

α : azimuth

x : absis, (x2 – x1) berarti nilai selisih absis titik stasiun terhadap titik backsight.

y : ordinat, (y2 – y1) berarti nilai selisih ordinat titik stasiun terhadap titik backsight.

Dalam bahasa MS Excel, rumus di atas menjadi:

$$\alpha = \text{atan}((x_2 - x_1)/(y_2 - y_1)) * 180/\text{pi}()$$

Nilai hasil hitungan kemudian dicek lagi untuk menentukan kuadran azimuth yang dihasilkan:

- Apabila absis dan ordinat titik stasiun lebih besar daripada titik backsight, maka nilai azimuthnya berada pada kuadran I (00 – 900).

- Apabila absis titik stasiun lebih besar daripada titik backsight, namun ordinatnya lebih kecil, maka azimuthnya berada pada kuadran II (900 – 1800).
- Apabila absis dan ordinat titik stasiun lebih kecil daripada titik backsight, maka nilai azimuthnya berada pada kuadran III (1800 – 2700).
- Apabila absis titik stasiun lebih kecil daripada titik backsight, namun ordinatnya lebih besar, maka azimuthnya berada pada kuadran IV (2700 – 3600).

Detailnya dapat dilihat pada Gambar 4.8



Azimuth awal

Pada gambar di atas, diketahui titik BM PTM 4 (316882.633,9572641.497) dan PTM3 (316844.963,9572619.022), dengan alat berdiri pada titik PTM3. Hasil hitungan azimuth tampak pada kolom Azim. Pada bagian atas koordinat titik, tampak angka selisih absis dan ordinat kedua titik BM tersebut. Hal tersebut yang akan digunakan untuk menentukan kuadran tempat azimuth berada.

4. Menghitung sudut ukuran.

Sudut ukuran merupakan hasil perpaduan antara bacaan lingkaran horizontal ke arah *backsight* dengan bacaan horizontal ke arah *foresight*. Jika terdapat lebih dari satu seri ukuran, perlu diperhatikan PASANGAN

SUDUT yang diukur. Rumus dasar perhitungan sudut ukuran adalah:

$$\beta = \left(d_2 - d_1 + \frac{(m_2 - m_1)}{60} + \frac{s_2 - s_1}{3600}\right)$$

Dimana:

d : derajat sudut horizontal

m : menit sudut horizontal

s : detik sudut horizontal

Perlu diperhatikan pula, bahwa cakupan sebuah sudut dalam lingkaran adalah antara 00 hingga 3600, sehingga, apabila hasil hitungan sudut ukuran bernilai negatif atau lebih kecil daripada nol, perlu ditambahkan dengan 3600. Sebaliknya, jika hasil hitungan sudut ukuran lebih besar daripada 3600, maka hasilnya harus dikurangi dengan 3600. Dalam program Excel, perhitungan dengan ketentuan cakupan seperti itu dapat dilakukan dengan rumus logika IF.

Hitungan sudut ukuran

Horizontal			Vertikal			Jarak		Check	Sudut			
o	'	"	o	'	"	Datar	Rerata		β	Rata2	Check	Kor
							43.860					
59	10	50	89	44	29	43.861		0.001				
239	10	50	270	15	38	43.860		-0.001	285.986		-0.500	
										285.966		0.008
345	10	1	89	57	34	96.471		0.001	285.986		0.500	
165	10	0	270	2	29	96.469		-0.001				

Hasil hitungan sudut ukuran kemudian dirata-ratakan pada setiap sudut yang sama.

5. Menghitung azimuth untuk setiap titik.

   Setelah diketahui azimuth awal dan sudut ukuran pada setiap titik, dapat dihitung sudut jurusan (azimuth) dari sebuah titik ke titik berikutnya. Prinsip hitungannya menggunakan rumus:

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

   Dimana:

   α : azimuth pada titik tersebut

   αawal : azimuth pada titik sebelumnya

   β : rata-rata sudut ukuran pada titik tersebut

   Perhatikan, bahwa agar cakupan sudut azimuth hasil hitungan tetap pada kisaran 00 hingga 3600, maka perlu dilakukan syarat kondisional seperti pada saat menghitung sudut ukuran.

6. Menghitung beda tinggi.

   Beda tinggi titik terhadap titik sebelumnya dapat dihitung menggunakan rumus:

   $$\Delta z = (D / \tan h) + t_2 - t_1$$

   Dimana:

   Δz : beda tinggi

   D : jarak datar

h : sudut vertikal

t2 : tinggi alat di stasiun

t1 : tinggi alat di backsight

Hasil hitungan kemudian dirata-ratakan untuk satu seri rangkap ukuran yang sama.

7. Menghitung absis dan ordinat.

   Berdasarkan rumus segitiga, nilai absis sebuah koordinat dapat dihitung dengan rumus:

$$X_2 = X_1 + \mathrm{D} \sin \alpha$$

   Sedangkan ordinat dengan rumus:

$$Y_2 = Y_1 + \mathrm{D} \cos \alpha$$

   Dimana:

   X2, Y2 : koordinat titik berikutnya

   X1, Y1 : koordinat titik sebelumnya

   D : jarak datar

   α : azimuth

   Rumus pada program Excel dituliskan sesuai dengan ketentuan yang ada, yaitu dengan pengkonversian hitungan sudut ke hitungan radian.

8. Perataan hitungan.

Setelah seluruh titik polygon yang diukur dihitung dari tahap 1 hingga tahap 7, selanjutnya dapat dilakukan perataan. Ingat, perataan hanya dilakukan jika seluruh rangkaian polygon telah selesai diukur, atau telah menutup ke titik BM selanjutnya.

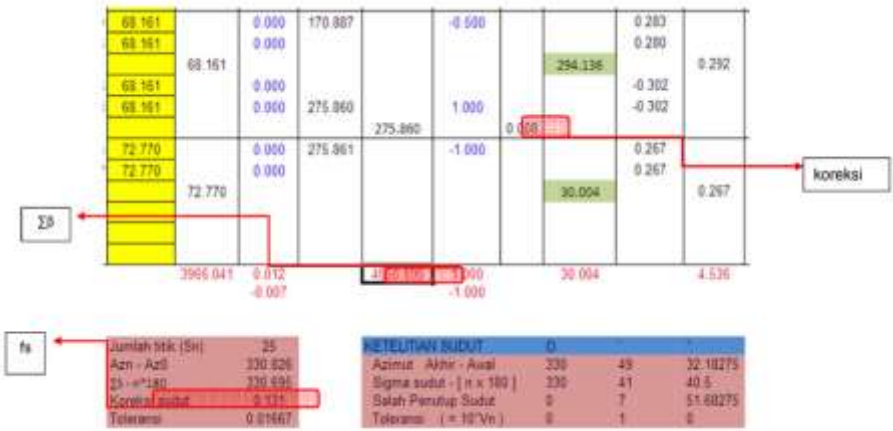
a) Perataan sudut

Seluruh sudut hasil ukuran dijumlahkan pada sebuah kolom. Pada poligon terbuka terikat sempurna, selisih azimuth akhir dengan azimuth awal harus sama dengan jumlah sudut dikurangi dengan (n x 180), dimana n adalah jumlah titik yang sudutnya diukur. Atau sesuai dengan rumus sebagai berikut:

$$\alpha_{akhir} - \alpha_{awal} = \sum \beta - (n \times 180)$$

Sedangkan pada poligon tertutup, jumlah sudut dalam harus sama dengan ((n-2) x 180), atau jumlah sudut luar harus sama dengan ((n+2) x 180). Jika diperoleh selisih, maka itulah yang dinamakan dengan kesalahan penutup sudut (fs). Kesalahan penutup sudut diratakan dan dikoneksikan ke masing-masing sudut ukuran sesuai dengan bobot besar sudutnya. Dengan kata lain, sudut ukuran yang memiliki besaran sudut yang lebih besar akan mendapatkan nilai koreksi yang lebih besar pula.

Kesalahan penutup sudut



Kesalahan penutup sudut berbanding terbalik dengan ketelitian sudut. Semakin besar nilai kesalahan penutup sudut, semakin kecil ketelitian ukuran yang dihasilkan. Besarnya ketelitian sudut yang diperbolehkan disesuaikan dengan ketentuan TOR (*terms of reference*) *project* yang bersangkutan.

b) Perataan tinggi

Selisih tinggi titik akhir dengan titik awal harus sama dengan jumlah seluruh beda tinggi hasil ukuran (poligon terbuka), atau jumlah dari seluruh beda tinggi harus bernilai nol (poligon tertutup). Selisih yang diperoleh dari hasil hitungan tersebut disebut sebagai koreksi penutup tinggi dan dikoneksikan ke masing-masing beda tinggi sesuai dengan bobot jaraknya.

c) Perataan absis dan ordinat Seperti halnya pada tinggi, selisih absis dan ordinat titik akhir dengan titik awal

harus sama dengan jumlah seluruh Dsinα dan Dcosα hasil ukuran (polygon terbuka), atau sama dengan nol pada poligon tertutup. Selisih yang didapatkan dari hitungan tersebut disebut sebagai koreksi absis dan koreksi ordinat. Koreksi diberikan ke masing-masing ukuran dengan bobot jarak pada ukuran tersebut. Semakin panjang jaraknya, semakin besar nilai koreksi yang diberikan.

d) Ketelitian linier

Parameter ketelitian sebuah pengukuran poligon dilihat dari ketelitian liniernya. Yang disebut sebagai ketelitian linier adalah perbandingan antara total jumlah jarak terukur dengan akar jumlah kuadrat koreksi absis dan koreksi ordinatnya, atau sesuai dengan rumus:

$$fL = \sum D / \sqrt{(f_x^2 + f_y^2)}$$

Dimana:

fL : ketelitian linier

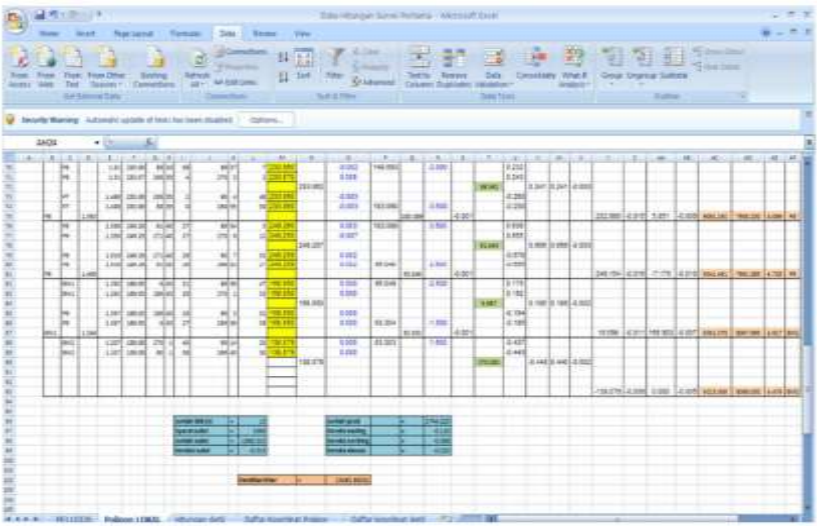
∑D : jumlah jarak

fx : koreksi absis

fy : koreksi ordinat

Besarnya ketelitian menentukan akurasi hasil pengukuran polygon. Ketentuan mengenai batas-batas ketelitian yang diperbolehkan tercantum dalam TOR sebuah project.

Hitungan poligon metode Bowditch



4.4 Aplikasi Total Station dalam Pengukuran Poligon

Pada prinsipnya, kegiatan pengukuran topografi menggunakan alat Total Station terbagi dalam

beberapa tahap pekerjaan :

1. Peninjauan lokasi

   Kegiatan ini dilakukan untuk melihat kondisi topografi area yang akan dipetakan agar mempermudah dalam pembuatan poligon. Saat meninjau lokasi sebaiknya dibuat sketsa lokasi dan mencari apakah terdapat titik BM di sekitar lokasi.

2. Pembuatan poligon

Poligon terdiri dari titik – titik kontrol yang dibuat di area yang akan diukur.

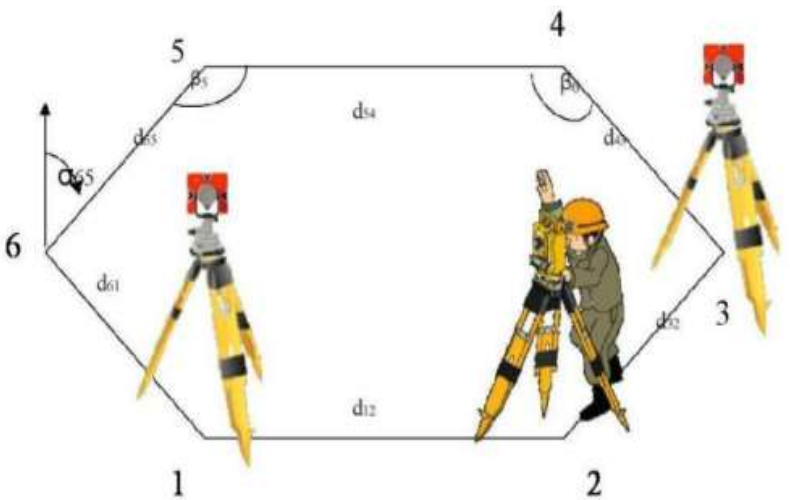
3. Pengecekan alat

Setiap akan turun ke lapangan hendaknya selalu dilakukan pengecekan kondisi alat (battery dan memory)

4. Pengukuran poligon

a. Kerangka Kontrol Horizontal (Koordinat X & Y)

Pengukuran kerangka kontrol horizontal (KKH) bertujuan untuk memperoleh nilai koordinat X & Y pada masing-masing titik kontrol yang telah dibuat. Koordinat X & Y bisa dalam sistem UTM maupun Lokal. Pengukuran KKH menggunakan satu set total station dan dua set prisma beserta tripod. KKH diukur dengan mendirikan Total Station di titik kontrol dan mencatat sudut yang terbaca pada formulir pengukuran.



(gambar : http://news.teknologisurvey.com)

b. Kerangka Kontrol Vertikal (height / Z)

Pengukuran kerangka kontrol vertikal (KKV) bertujuan untuk mendapatkan nilai Tinggi (Z) masing-masing titik kontrol yang digunakan. Pengukuran KKV bisa dilakukan menggunakan Waterpass/Sipat Datar maupun Total Station. Pengukuran KKV dilakukan dalam dua sesi yaitu pengukuran Pulang dan Pergi.

5. Pengolahan data KKH dan KKV

Setelah dilakukan pengukuran KKH dan KKV maka data yang sudah dicatat di formulir pengukuran dimasukkan pada Ms.Excel dan dihitung menggunakan rumus-rumus untuk mendapatkan Koordinat (X, Y, Z) titik-titik kontrol.

6. Pengukuran detail & pengukuran lain (Stake out)

Pengukuran detail dilakukan menggunakan satu set Total Station, satu set prisma beserta tripod, dan satu set prisma beserta pole. Detil yang diambil berupa bangunan-bangunan permanen, Jalan raya, Jalan setapak, sungai, selokan, trotoar, titik titik tinggi (spot height) yang menyesuaikan dari skala peta yang digunakan.

7. Pengunduhan data

Data pengukuran akan tersimpan otomatis di TotaL Station saat dilakukan pengukuran detil. Beberapa tipe Total Station telah menggunakan sistem microSD maupun Flashdisk untuk penyimpanan datanya. Namun beberapa tipe Total Station masih harus dilakukan pengunduhan data menggunakan kabel connector ke laptop/komputer.

8. Konversi dan pemecahan data

Data yang sudah diunduh memiliki ekstensi file yang bervariasi. Untuk dapat diolah menggunakan software (AutoCAD, civil 3D, Surpac, dll.) perlu dilakukan konversi data menjadi format *.csv. Konversi dilakukan

menggunakan Ms.Excel. Untuk mempermudah klasifikasi jenis detil yang diukur, dibuat beberapa file *.csv.

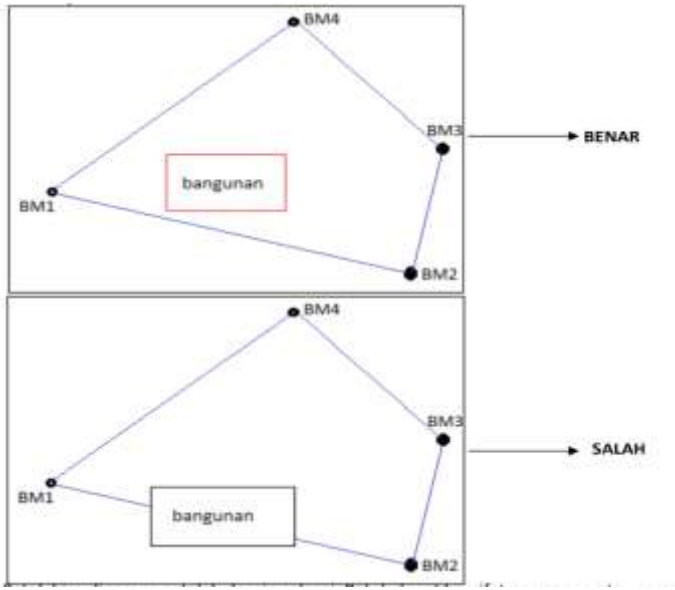
9. Input data dan pengolahan data

   Data yang telah dalam format *.csv selanjutnya diimport ke dalam *software* dan dilakukan pengolahan serta analisis data (digitasi, contouring, perhitungan volume, *layouting*).

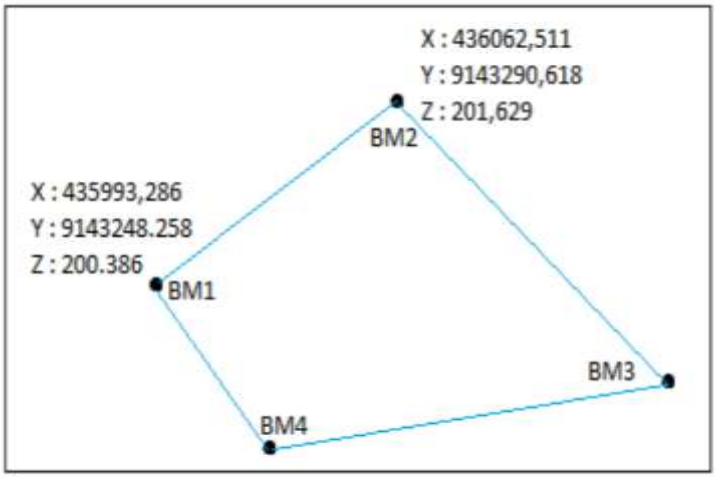
   Poin-poin diatas perlu diperhatikan saat melakukan pekerjaan menggunakan Total Station. Untuk lebih detilnya dijelaskan kembali pada poin di bawah.

PEMBUATAN dan PENGUKURAN POLIGON

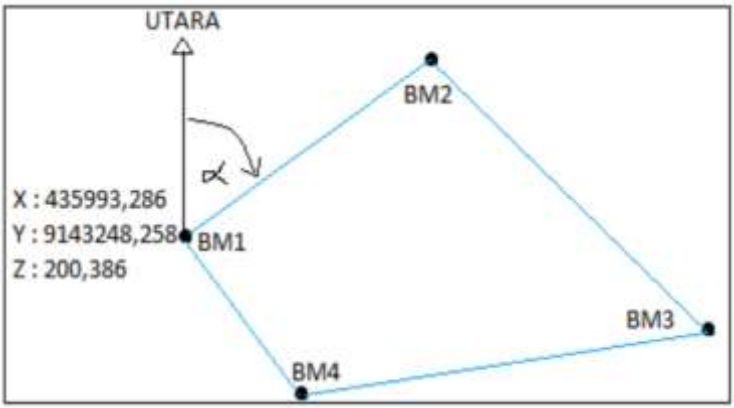
1. Pembuatan poligon (Pendefinisian Titik BM) terdapat aturan-aturan yang harus dipenuhi diantaranya adalah :
   - Titik kontrol ditempatkan di lokasi yang aman dari gangguan, serta tidak menimbukkan gangguan maupun bahaya bagi masyarakat di sekitarnya. Pemasangan titik kontrol yang berada di pemukiman atau area aktivitas harus meminta ijin pada masyarakat di sekitar titik yang akan ditanam.
   - Penempatan titik kontrol harus dipastikan bahwa titik kontrol sebelumnya dan berikutnya dapat teramati dengan baik tanpa terhalang oleh suatu objek.
   - Kerangka kontrol (KKH & KKV) yang baik memiliki '*strength of figure*' yang memadai, terutama jika koordinat titik-titiknya ditentukan melalui proses perataan terhadap data pengukuran sudut dan jarak.
   - Titik kontrol idealnya ditempatkan pada posisi yang memiliki sudut pandang luas untuk membidik titik-titik detail di area sekitarnya.



- Patok bisa dipasang setelah desain selesai. Patok dapat bersifat permanen maupun sementara, tergantung pada tujuan dan kebutuhan dari pemetaan tersebut.
- Dibutuhkan setidaknya dua titik kontrol yang koordinatnya telah diketahui, atau satu titik kontrol yang koordinatnya sudah diketahui dengan mengetahui pula azimuth sisi arah ke titik kontrol lain yang akan diukur.



ATAU

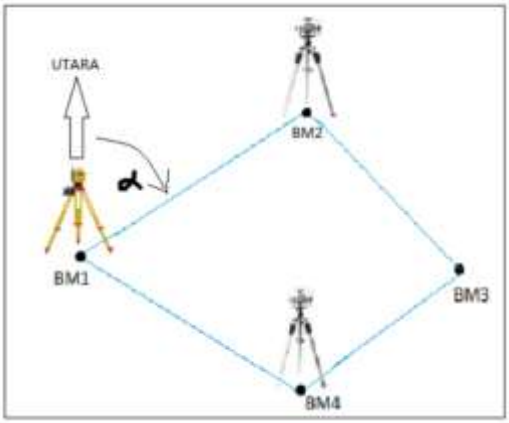


2. Pengukuran Kerangka Kontrol Horizontal (KKH)

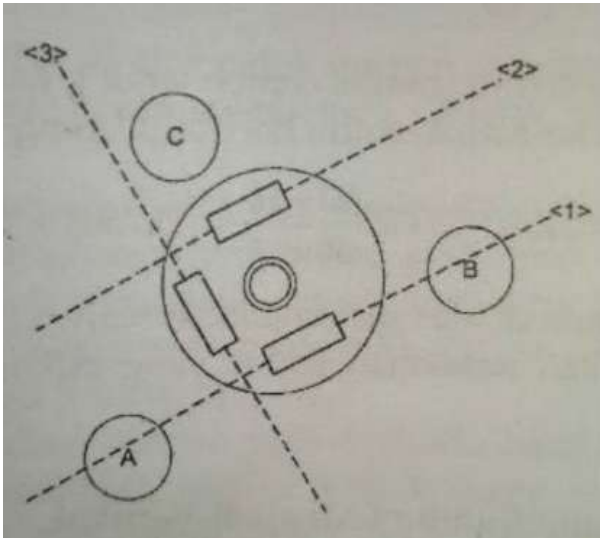
Pengukuran koordinat (X, Y, Z) titik kontrol pemetaan dapat dilakukan dengan pengukuran sudut dan jarak. Data ukuran sudut dan jarak dicatat di formulir pengukuran. Langkah pengukuran Kerangka Kontrol Horizontal menggunakan Total Station (NIKON) yaitu :

a. Dirikan Total Station di titik BM yang sudah diketahui koordinatnya (dalam handbook ini dimisalkan BM1 diketahui koordinatnya).

b. Dirikan prisma di masing-masing titik sebelum dan sesudah BM1 (BM2 dan BM4)



c. Lakukan centering pada TS dan Prisma menggunakan dua nivo (nivo kotak dan nivo tabung). Dahulukan menggunakan nivo kotak dahulu dengan mengatur panjang kaki tripod/statif. Usahakan gelembung nivo kotak telah masuk/mendekati lingkaran tengahnya.
d. Setelah centering nivo kotak selesai, lakukan centering dengan nivo tabung. Centering dengan nivo tabung menggunakan bantuan sekrup A, B, dan C.



- Putar TS secara horizontal sampai arah sumbu nivo tabung sejajar dengan sekrup penyetel A dan B (Posisi 1). Seimbangkan gelembung nivo dengan cara memutar sekrup A dan B secara bersamaan (Searah masuk atau keluar).
- Putar TS secara horizontal 180° (nivo pada posisi 2). Seimbangkan dengan sekrup A dan B.
- Putar TS secara horizontal sebesar ±90°. Apabila gelembung tidak ditengah, seimbangkan dengan memutar sekrup C.
- CEK : Putar TS secara horizontal secara sembarang. Apabila gelembung tidak ditengah, ulangi langkah tersebut hingga gelembung di tengah.

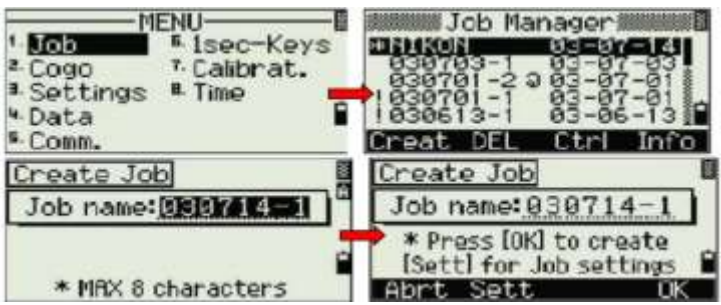
e. Ukur tinggi vertikal TS dan kedua prisma, catat pada formulir pengukuran.
f. Setting konstanta prisma yang digunakan (0 mm atau -30 mm) dengan cara menyalakan Total Station, tekan tombol MSR dan tahan beberapa saat hingga muncul :



Const : Isikan sesuai dengan konstanta prisma (mis : 0 mm, 30 mm, dsbnya)

OPERASIONAL TOTAL STATION DALAM PENGUKURAN KKH

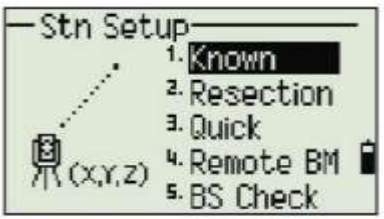
1. Nyalakan TS, Kita dianjurkan untuk membuat JOB terlebih dahulu sebelum dilakukan pengukuran. Tekan tombol MENU atau angka 1 > JOB > ENTER hingga muncul :
   Pilih Create (tekan tombol MSR1) Masukkan nama JOB (maksimal 8 karakter) Untuk menghapus job pilih DEL atau tekan tombol MSR2



Pilih opsi Create (tekan tombol MSR1), lalu masukkan nama JOB (maksimal 8 karakter). Untuk menghapus job, pilih DEL atau tekan MSR2.

2. Mencari sudut azimuth pendekatan dengan kompas
   a. Pasangkan atau letakkan kompas di bagian atas alat ukur.
   b. Putar alat secara horizontal (kekanan atau kekiri) hingga teropong menghadap ke "Utara" yang disesuaikan dengan arah utara pada kompas, kemudian kunci alat.
   c. Atur bacaan sudut horizontal (HA) menjadi 0° (nol) dengan menekan tombol "ANG" dan pilih opsi "0 set".
   d. Setelah bacaan sudut horizontal menjadi 0°, putar teropong ke arah backsight (BM4), bidik backsight, kemudian kunci alat.
   e. Bacaan sudut horizontal yang muncul pada layar alat tersebut adalah sudut azimuth yang dicari kemudian kita catat nilai sudutnya tersebut.

3. SET STATION (TEMPAT BERDIRI ALAT)
   Sebelum memulai pengukuran, masukkan terlebih dahulu tinggi alat dan koordinat tempat berdiri alat. Cara memasukkan koordinat titik tersebut adalah sebagai berikut:
   - Tekan tombol STN (tombol nomor 7), sehingga akan muncul seperti berikut





- Untuk memasukan koordinat tempat berdiri alat, pilih opsi KNOWN atau tekan tombol angka 1.
- Selanjutnya, kita akan diminta untuk memasukkan nomer titik dan koordinat STN (koordinat X,Y,Z) tempat berdiri alat, serta kode titiknya.

Kode dapat berupa BM, patok, dll. Kode ini boleh diisi atau dapat juga dikosongkan.



4. MEMASUKKAN BACKSIGHT

   Setelah koordinat stasiun dimasukkan, maka secara otomatis dari alat akan meminta untuk memasukkan informasi backsight (BS).

   Informasi yang dimasukkan dapat berupa:

   - Informasi Koordinat backsight
   - Informasi azimuth dari titik koordinat berdiri alat ke titik Backsight



Pada tahap awal pengukuran ini, yang kita ketahui adalah nilai sudutnya, yaitu sudut azimuth yang diperoleh dari hasil pengukuran sudut azzimuth pendekatan menggunakan kompas (yang sudah dicatat sebelumnya).
Untuk memasukkan bacaan sudut tersebut, tekan tombol nomor 2 atau gunakan panah ke atas/bawah untuk pilih opsi Angle, maka pada layar akan muncul tampilan seperti berikut:

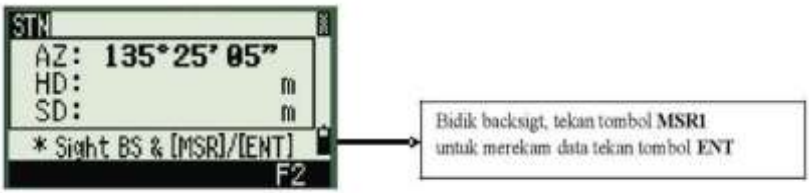


- BS : masukkan nomor titik backsight (nomor 1), kemudian tekan tombol ENT atau panah ke bawah.
- HT : masukkan tinggi target/prisma, kemudian tekan tombol ENT atau panah ke bawah.

Masukkan nilai sudut azimuthnya yang diketahui. Contohnya azimuth 135°25’05” maka penulisan di alat 135.2505



Setelah itu tekan ENT maka :

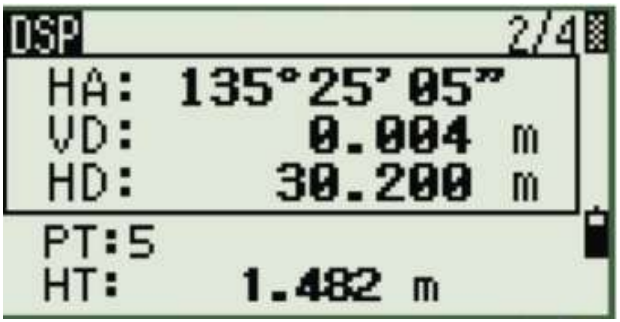


Karena saat pengukuran backsight menggunakan azimuth, maka jika ingin mengetahui koordinat titik backsight, tekan MSR1 (dengan posisi teropong masih mengarah ke backsight).

Perlu diingat: setelah melakukan pengukuran kemudian tekan ENT untuk menyimpan (merekam) data sehingga akan muncul seperti berikut :



5. PENGUKURAN SUDUT DAN JARAK
   - Arahkan teropong pada posisi biasa (Face Left) ke BACKSIGHT (BM4), tekan tombol MSR1, maka akan muncul :



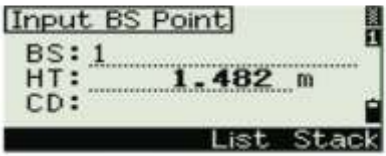
Catat nilai HA (Horizontal Angle) dan HD (Horizontal Distance) pada formulir yang disediakan. Apabila layar tidak menunjukkan informasi tersebut maka tekan tombol DSP hingga muncul info tersebut.

- Ulangi langkah tersebut pada bidikan titik FORESIGHT (BM2)
- Putar teropong pada posisi luar biasa (Face Right) ke FORESIGHT (BM2), tekan MSR dan catat HA & HD nya
- Ulangi langkah tersebut pada bidikan titik BACKSIGHT (BM4)

6. PindahAlat ke titik selanjutnya
   Posisi alat berdidri di titik 2, sedangkan backsight di titik 1 dan forsight di titik 3.
   Langkah yang dilakukan sama dengan langkah diatas. Yang membedakan pada langkah backsight kali ini yaitu kita memasukkan koordinat itik backsight, bukan azimuth. Koordinat tersebut didapatkan dari hasil pengukuran yang telah dilakukan saat total station berada di titik 1.



Keterangan :
BS : Masukkan nomor titik backsight (nomor 1)
HT : Tinggi target / prisma
CD : Kode



Apabila koordinat untuk Backsight belum ada / belum pernah terekam di alat maka secara otomatis kita diminta untuk menginputkan koordinat Backsight tersebut

7. Untuk perhitungan KKV (Kerangka Kontrol Vertikal), pengukuran dilakukan 2x yaitu pengukuran pergi (BM1-BM2-BM3-BM4) dan pulang (BM4-BM3-BM2-BM1). Pengukuran harus dilakukan pada hari yang sama dan bisa dilakukan bersama dengan pengukuran KKH. Yang dicatat pada formulir yaitu VA (Vertical Angle) dan HD (Horizontal Distance).

8. Ulangi langkah diatas hingga sampai pada BM terakhir

BAB 5
LUAS DAN VOLUME

5.1 Metode Perhitungan Luas Area (Koordinat, Planimeter, Geometri)

Perhitungan luas area merupakan tahap fundamental dalam survei rekayasa yang berfungsi sebagai basis data untuk estimasi volume tanah, luas pembersihan lahan (*land clearing*), hingga penentuan batas kepemilikan properti. Dalam praktiknya, penampang lahan seringkali memiliki batasan yang tidak linear atau tidak beraturan, sehingga diperlukan pendekatan matematis dan mekanis yang bervariasi sesuai dengan tingkat presisi yang diinginkan.

5.1.1 Menghitung luas dengan Koordinat

Metode koordinat, yang sering disebut sebagai metode koordinat titik sudut atau metode "tali sepatu" (*shoelace formula*), merupakan teknik analitis yang paling akurat untuk menentukan luas suatu poligon atau bidang tidak beraturan. Berbeda dengan metode geometri yang mengandalkan pengukuran fisik di lapangan (seperti panjang sisi segitiga), metode koordinat bekerja berdasarkan posisi relatif setiap titik sudut terhadap sumbu Kartesius (X dan Y).

Prinsip utama dari metode ini adalah penggunaan nilai koordinat (X_i, Y_i) dari setiap titik batas area yang membentuk rangkaian poligon tertutup. Menurut **Ghilani & Wolf (2015)**, keunggulan utama metode koordinat adalah kemampuannya

untuk menghitung luas area dengan bentuk sekompleks apa pun tanpa perlu membagi area tersebut menjadi bentuk-bentuk sederhana secara manual. Hal ini meminimalkan kesalahan akumulatif yang sering terjadi pada

Dalam praktiknya, data koordinat ini biasanya diperoleh langsung dari hasil pengolahan data poligon atau pembacaan alat survey digital. Metode ini juga memungkinkan pengecekan ulang secara cepat; selama urutan titik yang digunakan konsisten (searah maupun berlawanan arah jarum jam), hasil perhitungan akan tetap presisi. Secara matematis, luas bidang (L) dihitung dengan mencari setengah dari selisih jumlah perkalian silang koordinat-koordinat titik tersebut. Persamaan umum yang digunakan adalah:

$$2L = \left| \sum_{i=1}^{n} (X_i . Y_{i+1}) - (\sum_{i=1}^{n} (Y_i . X_{i+1}) \right|$$

Atau dalam bentuk yang lebih sederhana:

$$2L = |X_1Y_2 + X_2Y_3 + \ldots + X_nY_1| - |Y_1X_2 + Y_2X_3 + \ldots + Y_nX_1|$$

Langkah-langkah Perhitungan:

1. Susun koordinat titik-titik batas secara berurutan dalam kolom (misal: Titik 1, 2, 3, ..., n).
2. Tuliskan kembali koordinat Titik 1 di baris terakhir untuk menutup poligon.
3. Kalikan X titik pertama dengan Y titik kedua, X titik kedua dengan Y titik ketiga, dan seterusnya (jumlahkan sebagai hasil positif).

4. Kalikan *Y* titik pertama dengan *X* titik kedua, *Y* titik kedua dengan *X* titik ketiga, dan seterusnya (jumlahkan sebagai hasil negatif).
5. Cari selisih antara total hasil positif dan total hasil negatif, lalu bagi dua.

Dalam dunia profesional, metode ini diimplementasikan menggunakan tabel perhitungan (*excel/spreadsheet*) untuk menghindari kesalahan hitung manual. Penggunaan metode koordinat juga sangat relevan dengan standar nasional di Indonesia, seperti yang tercantum dalam standar kompetensi survei kadastral dan teknis, karena data yang dihasilkan dapat langsung dikonversi menjadi peta digital.

5.1.2 Menghitung luas dengan Planimeter

Metode pengukuran luas dengan planimeter, atau yang secara teknis disebut sebagai metode planimetri, merupakan teknik penentuan luas secara grafis. Berbeda dengan metode koordinat yang bersifat analitis-numerik, metode ini bekerja dengan cara menelusuri garis batas (kontur) suatu area pada peta atau media kertas lainnya. Metode ini sangat krusial dalam dunia teknik sipil dan perencanaan karena efektivitasnya dalam mengukur luasan yang memiliki bentuk tidak beraturan dan sulit didekati dengan rumus geometri sederhana.

Planimeter pertama kali dikembangkan dalam bentuk modern oleh matematikawan Swiss, Jakob Amsler-Laffon pada tahun 1854, meskipun konsep awalnya sudah dirintis sejak tahun 1814 oleh Johann Martin Hermann. Instrumen ini dirancang untuk menjawab tantangan para surveyor dalam

menggambarkan objek yang ada di permukaan bumi ke bidang datar kertas dengan tetap menjaga tingkat akurasinya.

Dalam perspektif rekayasa, penentuan luas setiap sentimeter tanah sangatlah vital karena berkaitan dengan hak milik dan tanggung jawab hukum. Oleh karena itu, penggunaan planimeter membantu meminimalisir kesalahan interpretasi visual pada area-area kecil yang seringkali terabaikan pada metode triangulasi kasar.

Secara operasional, planimeter terdiri dari sebuah sistem lengan yang saling berhubungan. Di satu ujung terdapat *pointer* (penunjuk) yang digunakan untuk mengikuti batas bidang, sementara di bagian lain terdapat mekanisme roda pengukur. Mekanisme kerja planimeter didasarkan pada pergerakan roda pengukur terhadap sumbu rotasinya:

- **Gerakan Efektif:** Saat roda bergerak tegak lurus terhadap sumbunya, roda akan berputar (*rolling*), dan putaran ini dicatat sebagai besaran luas.
- **Gerakan Tidak Efektif:** Saat roda bergerak sejajar dengan sumbunya, roda hanya akan bergeser (sliding) tanpa berputar, sehingga gerakan ini diabaikan oleh sistem perhitungan alat.

Nilai luas yang dihasilkan berbanding lurus dengan jumlah putaran roda setelah pelacak menyelesaikan satu putaran penuh mengelilingi perimeter bentuk tersebut. Untuk memperoleh hasil yang akurat, terdapat prosedur standar yang harus dijalankan oleh mahasiswa atau surveyor:

- **Persiapan Media:** Menyiapkan peta (misalnya peta RBI atau peta kontur) dan menentukan area yang akan dihitung.
- **Kalibrasi dan Perbandingan:** Membuat area referensi berupa persegi dengan ukuran pasti

(misalnya 10 cm x 10 cm). Luas persegi ini diukur dengan planimeter untuk mendapatkan konstanta perbandingan antara angka pada alat dengan luas sebenarnya.

- **Penentuan Titik Awal:** Menandai satu titik awal pada batas area sebagai referensi berhenti.
- **Penelusuran (Tracing):** Menggerakkan ujung pelacak mengikuti garis batas secara perlahan dan presisi hingga kembali ke titik awal.
- **Pembacaan Nilai:** Mengambil nilai pada skala nonius dan melakukan pengulangan (minimal 3 kali) untuk mendapatkan nilai rata-rata guna meminimalkan kesalahan manusia.

Hasil yang terbaca pada alat planimeter biasanya merupakan unit relatif. Untuk mendapatkan luas sebenarnya di lapangan, digunakan rumus perbandingan:

$$Luas\ peta\ sebenarnya\ = \frac{Luas\ planimater\ peta}{Luas\ planimeter\ referensi} \times Luas\ referensi\ sebenarnya$$

Setelah mendapatkan luas dalam satuan sentimeter persegi (cm^2), nilai tersebut harus dikalikan dengan kuadrat dari skala peta untuk mendapatkan luas lahan yang nyata di permukaan bumi (misalnya dalam satuan km^2 atau Hektar).

5.1.3 Menghitung luas dengan Geometri

Metode geometri, atau sering disebut sebagai metode analitis sederhana, adalah teknik penentuan luas area dengan cara membagi bidang lahan yang tidak beraturan menjadi beberapa bentuk geometris dasar yang memiliki rumus luas pasti. Metode ini sangat bergantung pada hasil pengukuran jarak linier di lapangan, seperti panjang sisi, tinggi, atau diagonal bidang.

Prinsip utama dalam metode geometri adalah triangulasi. Menurut **Wongsotjitro (1980)**, bentuk segitiga adalah satu-satunya bentuk geometris yang stabil dan paling sederhana untuk menghitung luasan lahan dengan batas-batas garis lurus. Area poligon yang luas dipecah menjadi rangkaian segitiga yang saling berhubungan.

Ada dua pendekatan rumus yang sering digunakan mahasiswa dalam metode ini:

1. **Rumus Alas dan Tinggi:** Jika tinggi segitiga (t) dan panjang alasnya (a) dapat diukur secara tegak lurus di lapangan.

$$L = \frac{1}{2} \times a + t$$

2. **Rumus Heron:** Digunakan jika hanya panjang ketiga sisi segitiga (a, b, c) yang diketahui (hasil pengukuran pita ukur).

$$L = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

(Di mana s adalah setengah keliling segitiga atau $s=\frac{a+b+c}{2}$*)*.

Untuk area yang memiliki batas melengkung atau tidak beraturan di sepanjang garis lurus (misalnya tepi sungai atau batas jalan), metode geometri menggunakan pendekatan koordinat tegak lurus atau *offsets*. Menurut **Schofield & Breach (2007)**, luas dihitung dengan menjumlahkan luasan trapesium-trapesium kecil yang terbentuk antara garis dasar (*baseline*) dengan batas lengkung tersebut.

Jika jarak antar *offset* (d) adalah seragam, maka berlaku **Aturan Trapesium**:

$$L = d\,(\frac{h_1 + h_n}{2} + h_2 + h_3 + \ldots + h_{n-1})$$

Di mana h adalah tinggi ordinat yang diukur tegak lurus dari garis dasar ke batas lahan.

Dalam literatur **Sosrodarsono (2005)**, dijelaskan bahwa metode geometri memiliki keunggulan pada kemudahan verifikasi lapangan; surveyor dapat langsung membuktikan luasannya hanya dengan bermodalkan pita ukur tanpa harus menunggu pengolahan data koordinat yang kompleks.

Namun, metode ini memiliki kelemahan signifikan jika diterapkan pada area yang sangat luas dengan topografi ekstrem, karena akumulasi kesalahan pengukuran jarak pada setiap sisi segitiga dapat mempengaruhi akurasi total. Selain itu, pada lahan dengan batas melengkung yang sangat aktif, penggunaan metode geometri murni seringkali menghasilkan nilai estimasi yang kurang presisi dibandingkan metode integrasi digital.

5.2 Konsep Galian dan Timbunan (*Cut and Fill*)

Konsep *cut and fill* atau galian dan timbunan adalah proses mekanis dalam rekayasa sipil di mana sejumlah massa tanah dipindahkan dari satu lokasi untuk digunakan sebagai urugan di lokasi lain. Menurut **Ghilani & Wolf (2015)** dalam *Elementary Surveying*, tujuan utama dari prosedur ini adalah untuk menciptakan permukaan tanah yang sesuai dengan

elevasi rencana (*subgrade*) dengan meminimalkan pemindahan tanah ke luar area proyek.

Galian (*Cut*) terjadi apabila elevasi permukaan tanah asli (*natural ground level*) lebih tinggi daripada elevasi rencana. Sebaliknya, **Timbunan (*Fill*)** diperlukan apabila elevasi tanah asli berada di bawah elevasi rencana. Dalam perencanaan yang ideal, seorang insinyur sipil harus berupaya mencapai kondisi *balance*, di mana volume tanah yang digali sama dengan volume tanah yang dibutuhkan untuk menimbun, sehingga meminimalkan biaya transportasi tanah (*hauling cost*).

Satu hal mendetail yang harus dipahami mahasiswa adalah bahwa tanah memiliki sifat fisik yang berubah volume saat dimanipulasi. **Schofield & Breach (2007)** menekankan bahwa volume tanah di tempat asalnya (*bank measure*) akan berbeda setelah digali (*loose measure*) dan setelah dipadatkan (*compacted measure*).

- **Faktor Kembang (*Swell*):** Tanah yang baru digali akan memiliki rongga udara sehingga volumenya bertambah.
- **Faktor Susut (*Shrinkage*):** Tanah yang ditimbun kemudian dipadatkan menggunakan alat berat (seperti *Vibratory Roller*) akan memiliki volume yang lebih kecil dari volume aslinya karena pengurangan rongga udara.

Oleh karena itu, dalam perhitungan volume, mahasiswa wajib memasukkan faktor koreksi volume agar tidak terjadi kekurangan material saat pelaksanaan di lapangan.

Berdasarkan bahan ajar **Sosrodarsono (2005)** dan standar praktis di Indonesia, terdapat beberapa metode yang umum digunakan dalam menghitung volume berdasarkan data profil melintang (*cross section*):

5.2.1 Metode Luas Ujung Rata-rata (*Average End Area Method*)

Metode Penampang Rata-Rata, atau yang dalam literatur internasional dikenal sebagai *Average End Area Method*, merupakan teknik perhitungan volume yang didasarkan pada asumsi bahwa perubahan bentuk penampang di antara dua stasiun pengamatan berlangsung secara linier. Metode ini sangat efektif digunakan pada area proyek yang memanjang, di mana data elevasi permukaan tanah dan elevasi rencana disajikan dalam bentuk potongan melintang tegak lurus terhadap sumbu proyek (as jalan).

Secara geometris, metode ini memperlakukan volume tanah di antara dua penampang sebagai sebuah prisma dengan luas alas (A_1) dan luas tutup (A_2) yang dihubungkan oleh jarak horizontal (L). Menurut **Ghilani & Wolf (2015)** dalam *Elementary Surveying*, meskipun asumsi perubahan linier ini tidak selalu mencerminkan kondisi alamiah tanah yang bergelombang secara sempurna, namun tingkat ketelitian yang dihasilkan dianggap memadai untuk sebagian besar pekerjaan tanah dalam skala besar.

Prinsip utama dari metode ini adalah mencari nilai rata-rata dari dua luasan penampang yang berurutan, kemudian mengalikan nilai rata-rata tersebut dengan jarak antara kedua penampang tersebut. Pendekatan ini secara intuitif mengompensasi bagian galian yang menonjol di satu sisi dengan bagian yang mencekung di sisi lain sepanjang rentang jarak tersebut. Berdasarkan standar perhitungan

volume yang umum digunakan di Indonesia, persamaan untuk menghitung volume menggunakan luas ujung rata-rata adalah sebagai berikut:

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} \times L$$

Keterangan:

- V = Volume (m^3)
- A_1, A_2 = Luas penampang 1 dan 2 (m^2)
- L = Jarak horizontal antar penampang (m)
- Penting untuk dicatat bahwa luas penampang (A) di sini bisa berupa luas galian (*cut*) saja, luas timbunan (*fill*) saja, atau kombinasi keduanya pada lokasi yang sama (penampang campuran/bi-area).

Meskipun populer karena kesederhanaannya, metode ini memiliki keterbatasan teknis. Dalam jurnal *Engineering Surveying* yang dirujuk oleh **Schofield & Breach (2007)**, dijelaskan bahwa metode ini cenderung menghasilkan estimasi volume yang sedikit lebih besar (*overestimated*) dibandingkan volume sebenarnya, terutama jika salah satu luas penampang jauh lebih kecil atau mendekati nol dibandingkan penampang lainnya (misalnya pada transisi tajam dari area galian ke area timbunan).

Untuk meminimalkan kesalahan ini, surveyor disarankan untuk memperpendek jarak antar penampang (L) pada area dengan topografi ekstrem. Jika akurasi mutlak diperlukan, misalnya pada proyek dengan biaya tanah yang sangat mahal, hasil dari metode ini dapat dikoreksi menggunakan **Koreksi Prismoidal** guna mendapatkan angka yang lebih mendekati kondisi nyata di lapangan.

5.2.2 Metode Prismoidal dan Kontur untuk Volume

A. Metode Prismoidal

Metode Prismoidal merupakan pendekatan matematis yang memberikan hasil lebih akurat dalam perhitungan volume tanah dibandingkan dengan metode penampang rata-rata. Menurut **Ghilani & Wolf (2015)**, sebuah prismoid adalah benda padat yang ujung-ujungnya terletak pada bidang sejajar dan permukaannya terdiri dari bidang datar atau permukaan melengkung. Ketidakakuratan pada metode sebelumnya biasanya muncul ketika luas salah satu penampang jauh lebih besar dari penampang lainnya atau ketika permukaan tanah sangat bergelombang.

Perbedaan utama metode ini adalah adanya penampang tengah (*mid-section area*) yang dilambangkan dengan A_m. Penting untuk dicatat bahwa A_m bukanlah rata-rata dari $A_1\, dan\, A_2$, melainkan luas yang dihitung berdasarkan dimensi linear (lebar dan tinggi) yang dirata-ratakan dari kedua penampang tersebut. Rumus :

$$V = \frac{L}{6}(A_1 + 4A_m + A_2)$$

Di mana A_m adalah luas penampang tengah yang didapat dari rata-rata dimensi linear penampang $A_1\, dan\, A_2$.

Dalam praktik profesional yang merujuk pada **Schofield & Breach (2007)**, jika perhitungan volume sudah terlanjur dilakukan dengan metode penampang rata-rata (V_e), maka dapat diberikan **Koreksi Prismoidal (C_p)** untuk mendapatkan volume yang

benar ($V_p = V_e - C_p$). Hal ini sering diterapkan pada galian struktur beton atau bendungan di mana presisi volume material sangat menentukan biaya.

B. Metode Kontur

Metode Kontur digunakan untuk menghitung volume pada area yang luas seperti waduk, bukit, atau lubang tambang terbuka. Berbeda dengan metode penampang yang menggunakan potongan vertikal, metode ini menggunakan garis kontur sebagai batas horizontal. Menurut **Sosrodarsono (2005)**, prinsipnya adalah memperlakukan setiap luasan yang dibatasi oleh garis kontur sebagai alas sebuah bidang datar.

Volume di antara dua garis kontur yang berurutan dihitung dengan menganggap ruang tersebut sebagai sebuah lapisan horizontal. Terdapat dua pendekatan utama dalam metode ini:

1. **Metode Penampang Rata-rata Kontur:** Digunakan jika perbedaan luas antara dua garis kontur tidak terlalu ekstrem.

$$V = \frac{A_h 1 + A_h 2}{2} \times I$$

(Di mana I adalah interval kontur atau perbedaan elevasi).

2. **Metode Kerucut Terpancung (*Frustum of a Cone*):** Digunakan jika bentuk permukaan tanah cenderung mengerucut atau melancip ke atas.

$$V = \frac{I}{3}(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2}$$

Penerapan metode kontur saat ini telah terintegrasi dengan teknologi **Digital Elevation Model (DEM)** dan perangkat lunak GIS. Dalam jurnal rekayasa sipil modern, data kontur yang diekstraksi dari pemetaan satelit atau drone diproses secara otomatis untuk menghasilkan peta galian dan timbunan (*isopach map*), yang memberikan visualisasi kedalaman galian di seluruh area proyek secara simultan

BAB 6
PENGOLAHAN DATA DAN CIVIL 3D

PENGOLAHAN DATA DENGAN CIVIL 3D

1. Persiapkan data koordinat yang akan digunakan untuk pembuatan kontur. Data tersebut berupa file dengan format CSV atau TEXT yang memiliki struktur data (PENZD), dengan ketentuan:
   Kolom **P** untuk Point atau Number Point
   kolom **E** untuk koordinat Easting
   kolom **N** untuk koordinat Northing
   kolom **Z** untuk nilai elevasi (ketinggian)
   kolom **D** untuk Description atau deskripsi dari titik kita.

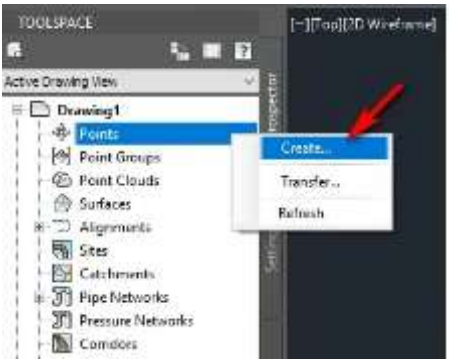
   Berikut contoh formatnya tetapi ini bukanlah format baku, silahkan menyesuaikan dengan format masing-masing

Y17

	A	B	C	D	E	F
1	P	X	Y	Z	D	
2	1	410737.4	9595980	3.411656	P0	
3	2	410726	9595975	3.029547	BG1	
4	3	410705.9	9595975	3.035588	BG2	
5	4	410705.5	9595980	3.04129	BG3	
6	5	410731.8	9595974	3.265481	SH1	
7	6	410724.6	9595978	3.247466	SH2	
8	7	410722	9595984	2.900046	SH3	
9	8	410709.6	9595977	3.20149	SH4	
10	9	410710.6	9595984	2.941015	SH5	
11	10	410682.1	9595983	3.043525	SH6	
12	11	410673.6	9595985	10.06483	SH7	
13	12	410648.6	9595987	4.264715	P1	
14	13	410650.9	9595980	3.592193	BG4	
15	14	410651.4	9595975	3.569145	BG5	
16	15	410634.3	9595975	3.618716	BG6	
17	16	410645.7	9595979	3.902009	SH8	
18	17	410653.8	9595982	3.550955	SH9	
19	18	410652	9595987	3.875246	SH10	
20	19	410639	9595979	3.703509	SH11	
21	20	410640.6	9595982	3.695495	SH12	
22	21	410640.4	9595988	3.438843	SH13	
23	22	410626.1	9595971	4.145049	P2	
24	23	410636.1	9595969	3.429554	BG7	
25	24	410628.1	9595972	4.292225	SH14	
26	25	410630.8	9595972	3.383949	SH15	
27	26	410633.4	9595972	3.507673	SH16	
28	27	410629.9	9595968	3.358132	SH17	
29	28	410628.3	9595975	3.916868	SH18	
30	29	410652.9	9595960	4.184696	P3	
31	30	410645.8	9595965	3.39861	SH19	
32	31	410646.3	9595958	3.507401	SH20	
33	32	410645.1	9595951	10.47937	SH21	
34	33	410657.9	9595958	11.25301	SH22	
35	34	410665.8	9595959	11.62208	SH23	
36	35	410653.6	9595951	12.09389	SH24	
37	36	410730.6	9595959	4.07494	P4	
38	37	410727.8	9595968	27.5195	BG8	
39	38	410728	9595953	35.89411	SH25	
40	39	410726	9595948	45.08795	SH26	
41	40	410733.8	9595971	45.39457	SH27	
42	41	410722.3	9595954	69.97305	SH28	
43	42	410729.6	9595963	102.8236	SH29	

Format data diatas dapat di copy ke Notepad dan di Save.

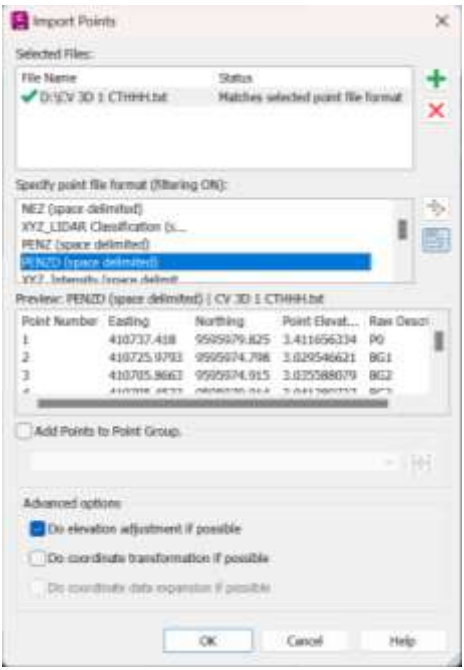
2. Selanjutnya, jalankan **AutoCad Civil 3D**
3. **Import point**. Caranya klik-kanan pada Point yang terletak di tab **Prospector** dan pilih **Create**.



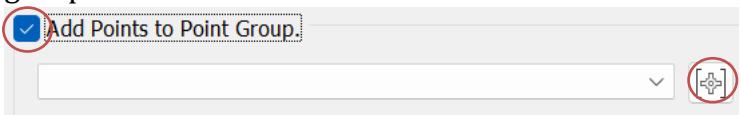
4. Pada jendela **Create Points**, klik tombol **Import Points**



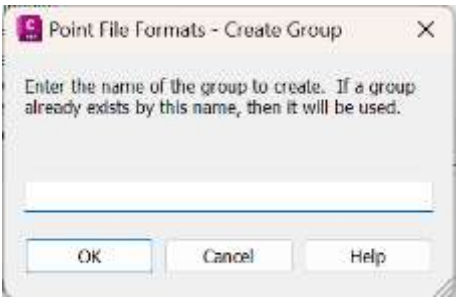
5. Pada jendela **Import Points**, klik **Add Files** , lalu pilih file yang berisi data koordinat dan ketinggian yang telah dibuat sebelumnya.
   Karena sebelumnya kita telah mengatur file yang akan diimpor ke dalam format PENZD, maka selanjutnya tinggal menyesuaikan format tersebut pada AutoCad Civil 3D.
6. Atur sebagai berikut.



Pilih format file yang sesuai dengan data yang telah disiapkan. Pada contoh di atas, Format yang digunakan adalah (PENZD). kemudian klik Add Points to Point group



Lalu simpan nama point groupnya, dan klik **OK** pada **Point File Formats** juga **OK** pada jendela **Import Points.**

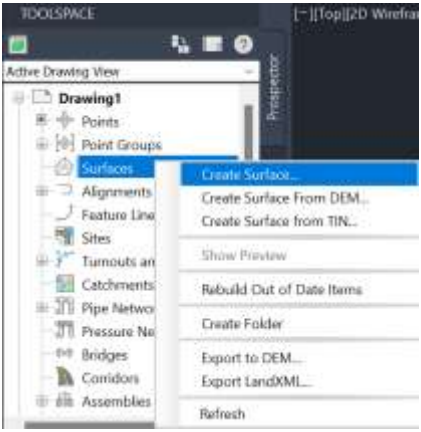


7. Apabila layar tidak memperlihatkan tampilan apa pun, lakukan perintah Zoom extents dengan mengetik **Z** > **ENTER** > **E** > **ENTER** untuk menampilkan titik-titik yang telah diimpor.



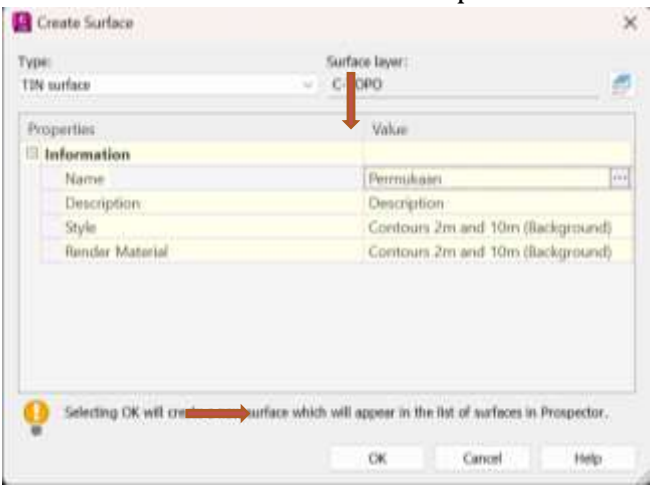
Maka point yang tadi sudah kita import akan keluar pada jendela **AutoCAd Civil 3D** kita seperti gambar diatas.

8. Tahap selanjutnya adalah pembuatan **surface**, yang dapat dilakukan dengan mengarahkan kursor ke **Surface** pada tab prospector, mengklik kanan, lalu memilih menu **Create Surface.**



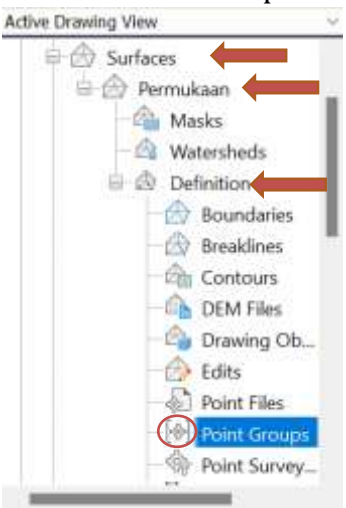
9. Selanjutnya, pada menu **properties,** kita diminta untuk mengisi nama dari surface beserta style kontur yang

akan kia tampilkan nanti.

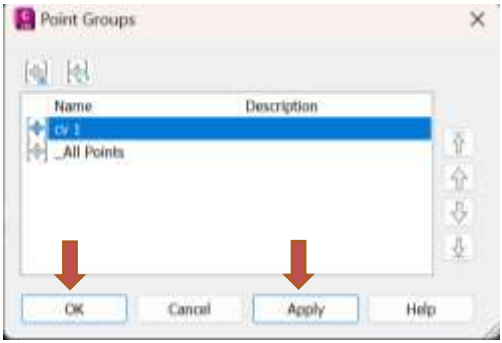


Untuk namanya bisa kita isi, misalnya "*Permukaan*" lalu klik **OK.**

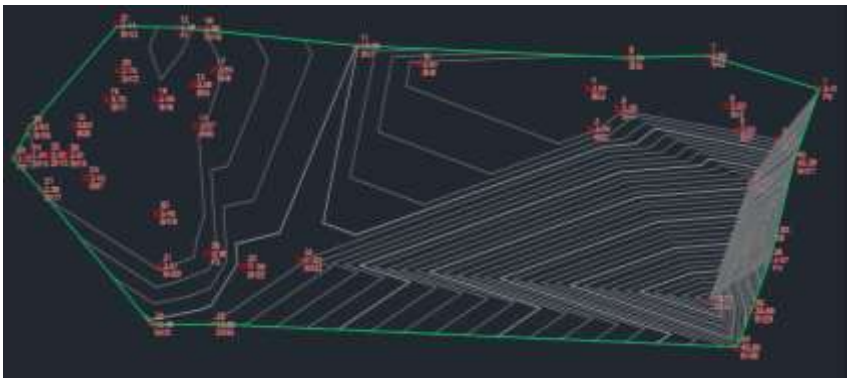
10. Setelah Surface dibuat, lakukan langkah berikut:
    - Buka **Surfaces** pada tab **Prospector**;
    - Navigasi ke *permukaan*;
    - Pilih **Defonition**;
    - Kilk-**kanan** pada **Point Groups** dan pilih **Add.**



11. Klik nama pada **point Group** berikut yang sudah kira simpan sebelumnya, dan klik **Apply** > **OK**

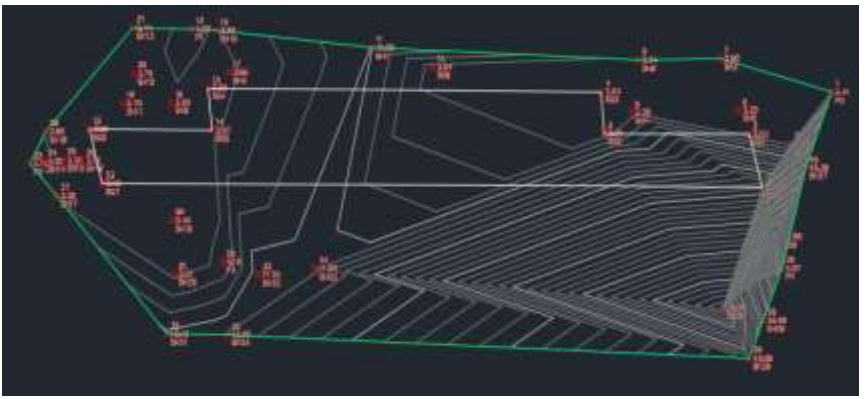


12. Berikut hasilnya, akan keluar tampilan surface kita dengan kontur yang sudah terlihat seperti gambar dibawah ini.



Jika kita perhatikan gambar diatas akan terlihat garis dan garis warna hijau yang merupakan **boundarynya**.

13. Selanjutnya untuk membuat rangkaian segmen garis lurus yang saling terhubung sebagai objek tunggal kita dapat ketik perintah ‘’**3DPOLYLINE”** pada keyboard, dan kita dapat hubungkan misalnya pada setiap titik dari awal *BG1* hingga yang terakhir *BG8* dan berikut hasilnya.



BAB 7
PRAKTIKUM

7.1 Waktu dan Lokasi Pengukuran

Hari/tgl : sesuai kesepakatan dengan dosen.

Pukul : disesuaikan

Lokasi : Area Kampus Universitas Pattimura.

Rencana Peta Lokasi Pengukuran



7.2 Alat-Alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan selama praktikum berlangsung.

1. Teodolit



2. Tripod/kaki tiga/statif



3. Meter Rol



4. Bak Ukur Paku



5. Paku Seng



6. Alat tulis



7.3 Prosedur Praktikum

Prosedur yang perlu dilakukan dalam praktikum ini yaitu:

1. Pastikan kelengkapan peralatan yang dibutuhkan.
2. Survei tempat dan tentukan titik poligon.
3. Dirikan statif secara stabil dan aman sesuai dengan kondisi lokasi setempat.
4. Letakkan alat ukur theodolit di atas statif, kemudian kencangkan menggunakan sekrup pengunci hingga aman.
5. Sejajarkan alat dengan titik poligon yang telah ditentukan sebelumnya.
6. Mengatur gelembung nivo kotak ke tengah dengan sekrup A, B, dan C.
7. Seperti halnya mengatur nivo kotak, atur nivo tabung sedemikian rupa sehingga sssssssssposisinya tepat berada tengah.
8. periksa kedudukan alat ukur theodolit, apakah tepat vertikal di atas titik.
9. apabila kedudukan alat belum tepat vertikal di atas titik, buka skrup pengait alat pada statif, lalu geserkan

theodolite secara hati-hati sehingga posisinya tepat vertikal di atas titik.
10. Arahkan theodolit menghadap ke utara, kemudian lakukan reset nol.
11. Putar theodolite searah jarum jam menuju titik poligon yang dituju.
12. Bidik bak ukur, kemudian baca benang atas, benang tengah, dan benang bawah.
13. Catat pembacaan sudut vertikal dan horizontal, azimut, serta koordinat x,y, dan z.
14. Arahkan alat ke titik-titik height spot dan titik-titik bangunan.
15. Baca kembali benang tengah, benang atas dan benang bawah serta sudut horizontal dan sudut vertikal.
16. Ukur tinggi alat.
17. Mencatat seluruh hasil pembacaan alat serta lengkapi tabel isian yang tersedia.
18. Ulangi langkah langkah 3 sampai 17 pada setiap titik poligon, kecuali pembacaan azimut dan koordinat x, y, dan z. (khusus titik 1- 4).

7.4 Uraian Tugas

1. Satu kelas, terdiri dari 7 kelompok yang masing-masing terdiri dari 6-7 mahasiswa, pilih salah satu anggota sebagai koordinator tim.
2. Tiap mahasiswa harus menggunakan pakaian praktikum.
3. Sehari sebelum praktikum ketua kelas harus berkoordinasi dengan laboran untuk penge-fix-an jadwal praktikum, ketersediaan alat, dan tata cara peminjaman alat, dll.

4. Saat hari-H tiap-tiap kelompok (diwakili oleh koordinator kelompok dan satu orang anggota) melakukan peminjaman peralatan kelengkapan praktikum.
5. Lakukan praktikum di lokasi yang telah ditentukan, dan selalu berkoordinasi dengan dosen dan kelompok lain.
6. Lakukan praktikum sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.
7. Kembalikan peralatan praktikum dalam kondisi baik, bersih dan lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Informasi Geospasial (BIG). (2013). *Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013 (SRGI 2013).* Jakarta: BIG.

Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2002). *SNI 19-6733-2002: Spesifikasi Teknis Pemetaan Dasar.* Jakarta: BSN.

Borenstein, J. (2010). *The Ethics of Engineering.* New York: Routledge.

Brinker, R.C. & Minnick, R. (1995). *The Surveying Handbook.* 2nd Edition. New York: Springer.

Bust, P.D., Gibb, A.G.F. & Pink, S. (2008). "Managing Construction Health and Safety: Migrant Workers and Communicating Safety Messages." *Safety Science.* Elsevier, Vol. 46, No. 3, pp. 485-498.

Ghilani, C.D. & Wolf, P.R. (2015). *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics.* 14th Edition. Boston: Pearson Education.

Hallowell, M.R. & Gambatese, J.A. (2009). "Construction Safety Risk Mitigation." *Journal of Construction Engineering and Management.* American Society of Civil Engineers (ASCE), Vol. 135, No. 12, pp. 1316-1323.

International Organization for Standardization (ISO). (2002). *ISO 17123-1:2002: Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 1: Theory.* Geneva: ISO.

International Organization for Standardization (ISO). (2005). *ISO/IEC 17025:2005: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.* Geneva: ISO.

Mulyono, T. (2008). *Teknik Survei dan Pemetaan.* Jakarta: Erlangga.

Purworini, S. (2000). *Dasar-dasar Survei dan Pemetaan.* Bandung: Penerbit ITB.

Schofield, W. & Breach, M. (2007). *Engineering Surveying.* 6th Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Soetomo, W. (1995). *Ilmu Ukur Tanah dan Pemetaan.* Yogyakarta: Kanisius.

Sosrodarsono, S. (2005). *Ilmu Ukur Tanah.* Jakarta: Pradnya Paramita.

Wongsotjitro, S. (1980). *Ilmu Ukur Tanah.* Yogyakarta: Penerbit Yayasan Pembangunan.

BIODATA PENULIS



Christy Gery Buyang
Fakultas Teknik Universitas Pattimura

Penulis lahir di Ambon tanggal 19 Desember 1990. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pattimura. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sipil dan melanjutkan S2 pada jurusan Teknik Sipil pada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis menekuni bidang manajemen konstruksi sewaktu menempuh Pendidikan. Serta aktif dalam kegiatan konstruksi di wilayah provinsi Maluku dan sekitarnya.

BIODATA PENULIS



Okfrianti Adeleydia Makor Takome
Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Pattimura

Penulis lahir di Ambon dan memiliki ketertarikan mendalam pada bidang rekayasa struktur dan dunia penulisan. Berawal dari proses belajar dan kecintaannya dalam mencatat serta mengulas topik-topik keteknikan, ia aktif menyusun ide dan pemikirannya ke dalam bentuk tulisan. Buku ini hadir sebagai wadah baginya untuk berbagi catatan belajar, pemahaman dasar, dan gagasan sederhana yang diharapkan dapat bermanfaat bagi para pembaca saat ini aktif pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Ambon.

BIODATA PENULIS



Sinta Widya Nathalien Pattiwaellapia
Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Pattimura

Penulis lahir dan berpendidikan di Ambon. Penulis berfokus pada bidang Manajemen Konstruksi di Universitas Pattimura dan memiliki minat besar dalam dunia penulisan. Kecintaannya pada proses belajar mendorongnya untuk aktif mengulas berbagai topik keteknikan, khususnya perpetaan dan SIG. Melalui buku ini, ia membagikan catatan serta pemahaman dasarnya agar dapat dipelajari dengan mudah oleh pembaca. Karya ini menjadi wadah baginya untuk menyalurkan gagasan sekaligus memperluas wawasan di bidang teknik sipil. Ia berharap tulisan sederhana ini dapat memberikan manfaat dan inspirasi bagi siapa saja yang membacanya.