

TEKNOLOGI INSTRUMEN SURVEI UNTUK TEKNIK SIPIL

Yaumal Arbi, Nevy Sandra, Faisal Ashar

Buku “Teknologi Instrumen Survei untuk Teknik Sipil” menghadirkan panduan praktis dan sistematis tentang penggunaan instrumen survei modern yang paling banyak dipakai dalam proyek infrastruktur. Mulai dari leveling digital dengan Leica Sprinter, pengukuran sudut dengan theodolite, pemetaan detail menggunakan total station, hingga survei GNSS RTK (Trimble R8s) dan pemetaan udara berbasis drone/fotogrametri, seluruh tahapan kerja dijelaskan langkah demi langkah: persiapan alat, prosedur pengukuran, pengolahan data, hingga evaluasi akurasi. Disertai ilustrasi, contoh kasus, dan penekanan pada aspek K3 serta standar ketelitian, buku ini membantu pembaca memahami bukan hanya cara mengoperasikan alat, tetapi juga mengapa setiap prosedur penting bagi kualitas data dan keselamatan kerja.

Ditujukan untuk mahasiswa teknik sipil (D3 dan S1), dosen, guru SMK konstruksi/pemetaan, teknisi laboratorium, serta praktisi pemula di bidang survei, buku ini dirancang sebagai jembatan antara teori di kelas dan praktik nyata di lapangan. Struktur bab yang runtut, glosarium istilah teknis, dan indeks yang memudahkan pencarian topik menjadikan buku ini layak dijadikan buku ajar utama maupun referensi pendamping dalam praktikum. Bagi siapa pun yang ingin meningkatkan kompetensi survei topografi dan pemetaan dengan instrumen modern, buku ini menawarkan bekal yang kuat, aplikatif, dan relevan dengan kebutuhan proyek infrastruktur masa kini.



PENERBITAN & PERCETAKAN UNP PRESS
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang
Sumatera Barat



UNP PRESS

TEKNOLOGI INSTRUMEN
SURVEI UNTUK TEKNIK SIPIL

Yaumal Arbi, Nevy Sandra,
Faisal Ashar

TEKNOLOGI INSTRUMEN SURVEI UNTUK TEKNIK SIPIL



Penerbitan & Percetakan
UNP PRESS

Yaumal Arbi, Nevy Sandra,
Faisal Ashar

DUMMY

Penerbitan & Percetakan

**TEKNOLOGI INSTRUMEN SURVEI
UNTUK TEKNIK SIPIL**

YAUMAL ARBI, NEVY SANDRA, FAISAL ASHAR

DUMMY

Penerbitan & Percetakan

UNP PRESS

UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NO 19 TAHUN 2002
TENTANG HAK CIPTA
PASAL 72

KETENTUAN PIDANA SANGSI PELANGGARAN

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu Ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling singkat 1 (satu) bulan dan denda paling sedikit Rp 1.000.000, 00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan denda paling banyak Rp 5.000.000.000, 00 (lima milyar rupiah)
2. Barang siapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan denda paling banyak Rp 500.000.000, 00 (lima ratus juta rupiah).

**TEKNOLOGI INSTRUMEN SURVEI
UNTUK TEKNIK SIPIL**



YAUMAL ARBI, NEVY SANDRA, FAISAL ASHAR



2026

**TEKNOLOGI INSTRUMEN SURVEI
UNTUK TEKNIK SIPIL**

editor, Tim editor UNP Press
Penerbit UNP Press, Padang, 2026
1 (satu) jilid; 17.6 x 25 cm (B5)
Jumlah Halaman x + 237 Halaman Buku



ISBN :



TEKNOLOGI INSTRUMEN SURVEI UNTUK TEKNIK SIPIL

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang pada penulis
Hak penerbitan pada UNP Press

Penyusun: Yaumal Arbi, Nevy Sandra, Faisal Ashar
Editor Substansi: Yuan Nifer Harada, Abdul Karim, M Akbar Abdillah
Editor Bahasa: Shinta Rahayu, Salsabila Fadhila
Desain Sampul & Layout: Viola Irdiani

KATA PENGANTAR

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang teknik sipil telah membawa perubahan signifikan dalam kegiatan survei dan pemetaan, mulai dari penggunaan instrumen manual hingga perangkat digital yang terintegrasi dengan sistem pengolahan data modern. Dalam kondisi tersebut, dibutuhkan bahan ajar yang sistematis, aplikatif, dan mudah dipahami untuk membantu mahasiswa, dosen, dan praktisi memahami konsep dasar sekaligus pengoperasian instrumen survei yang digunakan pada berbagai proyek teknik sipil.

Buku ini disusun sebagai upaya untuk menghadirkan panduan praktis mengenai teknologi instrumen survei di lingkungan teknik sipil. Materi di dalamnya memuat peran survei dalam siklus proyek, standar akurasi, prosedur operasional instrumen, hingga contoh penerapan di lapangan. Diharapkan, buku ini dapat digunakan sebagai referensi pada perkuliahan, praktikum, maupun pelatihan, sehingga pembaca tidak hanya memahami teori, tetapi juga terampil dalam melakukan pengukuran dan pengolahan data secara benar, telusur, dan sesuai kaidah keselamatan kerja.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pimpinan institusi, rekan sejawat, teknisi laboratorium, serta mahasiswa yang telah memberikan dukungan dan masukan selama proses penulisan buku ini. Kami menyadari buku ini masih memiliki keterbatasan dan sangat terbuka terhadap saran perbaikan untuk penyempurnaan di masa mendatang. Semoga buku ini memberikan manfaat nyata bagi pengembangan kompetensi survei dan pemetaan, serta berkontribusi pada peningkatan kualitas perencanaan dan pembangunan infrastruktur di Indonesia.

Padang, Mei 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	V
DAFTAR ISI	VI
DAFTAR GAMBAR	X
DAFTAR TABEL	X
BAB 1 PERAN SURVEI DALAM PROYEK TEKNIK SIPIL	1
A. PENDAHULUAN	1
B. KEBUTUHAN DATA SURVEI	4
C. PRODUK & OUTPUT SURVEI	7
D. STANDAR AKURASI	10
E. K3 & ETIKA DALAM KEGIATAN SURVEI	14
F. EVALUASI	17
G. PENUTUP	18
BAB 2 LEVELING LASER LEICA 150M	21
A. PENDAHULUAN	21
B. JENIS-JENIS LEVELLING LASER LEICA	21
1. Leica Sprinter 50	21
2. Leica Sprinter 150	22
3. Leica Sprinter 250M	24
C. KOMPONEN LEICA SPRINTER 150M	26
D. SPESIFIKASI FITUR LEICA SPRINTER 150M	28
E. TRANSFER DATA LEICA SPRINTER 150M	34
F. PERALATAN PENDUKUNG PENGUKURAN	35
1. Bak Ukur (Rambu Barcode)	35
2. Statif	37
3. Pita Ukur	37
4. Pen Ukur/ Yalon	38
5. Kompas	39
6. Alat Pelindung Diri (APD)	40
7. Payung	40
8. Alat Tulis	41
G. PRINSIP KERJA LEICA SPRINTER 150M	42
1. Pengukuran Beda Tinggi Titik	42
2. Pengukuran Luas dan Kubikasi daerah menggunakan sistem polar	46

3. Pengukuran Luas dan Kubikasi Daerah Teratur dengan Sistem Keliling.....	50
4. Perhitungan Galian dan Timbunan Profil	55
5. Pengukuran Kontur	62
H. EVALUASI.....	66
I. PENUTUP.....	68
BAB 3 THEODOLITE DIGITAL TOPCON	70
A. PENDAHULUAN.....	70
1. Pengertian	70
2. Fungsi dan Kegunaan.....	72
B. KOMPONEN THEODOLITE TOPCON DT200	74
C. CONTOH KASUS.....	78
1. Pengukuran Sudut Datar, Letak Titik dan Koordinat ...	78
2. Perlengkapan Penunjang Pengukuran.....	84
3. Langkah Kerja Pengukuran.....	87
4. Contoh.....	89
D. EVALUASI.....	93
E. PENUTUP.....	93
BAB 4 TOTAL POSITION NIKON – NPL 322.....	94
A. PENDAHULUAN.....	94
B. KOMPONEN TOTAL STATION NIKON – 322	96
C. PRINSIP KERJA TOTAL STATION NPL – 322	103
D. PENGOPERASIAN TOTAL STATION NIKON – 322	108
1. Menentukan Titik Berdirinya Total Station.....	108
2. Mempersiapkan Peta atau Kawasan yang Akan Diukur	108
3. Centring Alat Total Station.....	109
4. Pemasangan Prisma pada Titik Target.....	110
5. Pengoperasian Total Station	110
6. Backsight.....	113
E. PENGUKURAN POLIGON TERTUTUP	118
1. Tujuan	118
2. Teori Singkat.....	119
3. Keselamatan Kerja.....	119
4. Alat dan Perlengkapan	119
5. Langkah Kerja.....	120
6. Evaluasi.....	122

7. Gambar Pengukuran.....	122
F. PENGUKURAN POLIGON TERBUKA.....	122
1. Tujuan	122
2. Teori Singkat.....	123
3. Keselamatan Kerja.....	124
4. Alat dan Perlengkapan	124
5. Langkah Kerja.....	124
6. Evaluasi.....	126
7. Gambar Pengukuran.....	126
G. EVALUASI.....	127
H. PENUTUP.....	128
BAB 5 RTK GNSS TRIMBLE R8S.....	129
A. PENDAHULUAN.....	129
1. Perkembangan Teknologi Pemetaan.....	129
2. Manfaat Pemetaan dengan Trimble R8s dalam Pemetaan	131
3. Tujuan dan Lingkup Buku	136
B. ARSITEKTUR SISTEM & KOMPONEN	139
1. Pengenalan Trimble R8s.....	139
2. Fungsi dan Manfaat Trimble R8s dalam Pemetaan	142
3. Komponen Utama Trimble R8s dan Fungsinya.....	146
4. Alat Dan Bahan.....	149
C. MODE OPERASI RTK.....	152
1. Prinsip dasar RTK (inti 3 baris).....	152
2. Mode arsitektur koreksi	152
3. Mode operasi di sisi rover.....	153
D. PROSEDUR SURVEI RTK (TOPOGRAFI & STAKEOUT)	153
1. Persiapan.....	153
2. Pengaturan Alat.....	153
E. EVALUASI.....	163
F. PENUTUP.....	163
BAB 6 DRONE/FOTOGRAMETRI LAPANGAN.....	164
A. PENDAHULUAN.....	164
B. PLATFORM DAN SENSOR.....	165
1. Jenis Platform Drone.....	165
2. Komponen Utama Drone	167
3. Sensor dan Kamera	173

4. Pemanfaatan Teknologi Drone	176
5. Aplikasi untuk Penerbangan Drone	176
C. KONSEP KUNCI PEMETAAN UDARA	178
1. Fotogrametri.....	178
2. Teori Perencanaan Jalur Terbang.....	179
3. Ground Control Point.....	182
D. PERENCANAAN MISI.....	183
1. Persiapan Terbang.....	183
2. Auto Take Off dan Landing Drone	185
3. Menghdupkan dan memamatkan mesin drone	185
4. Pengoperasian DJI FLY	186
E. SOP PRA, SAAT, DAN PASCA TERBANG.....	189
1. Diagram Alur Tahapan	189
2. Pengambilan Data Drone Menggunakan Pix4D	191
F. EVALUASI HASIL PEMETAAN.....	207
G. PENUTUP.....	214
DAFTAR PUSTAKA	216
GLOSARIUM.....	225
INDEKS.....	230
TENTANG PENULIS	234



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. (a), (b), dan (c) Alat-Alat dalam Survei.....	2
Gambar 2. Penggunaan Alat.....	6
Gambar 3. Pengaplikasian dari Survei	8
Gambar 4. Drone dan Alat Pendukung.....	12
Gambar 5. Alat-alat Survei.....	13
Gambar 6. Pengukuran dengan Total Station.....	14
Gambar 7. Pengukuran dengan RTK.....	16
Gambar 8. Leica Sprinter	21
Gambar 9. Leica Sprinter 50.....	22
Gambar 10. Leica Sprinter 150.....	23
Gambar 11. Tampak samping Leica Sprinter 150M	23
Gambar 12. Tampak depan Leica Sprinter 150M	23
Gambar 13. Leica Sprinter 250M	24
Gambar 14. Tampak depan Leica Sprinter 250M	25
Gambar 15. Komponen Leica Sprinter 150M	26
Gambar 16. Tombol yang ada pada Leica Sprinter 150M	28
Gambar 17. Rambu ukur Leica Sprinter 150M	36
Gambar 18. Statif.....	37
Gambar 19. Pita ukur.....	38
Gambar 20. Pen ukur.....	38
Gambar 21. Yalon	39
Gambar 22. Kompas analog dan digital	39
Gambar 23. Alat pelindung diri.....	40
Gambar 24. Payung	40
Gambar 25. Alat tulis di lapangan	41
Gambar 26. Statif dalam keadaan stabil	43
Gambar 27. Nivo kotak berada ditengah (seimbang)	43
Gambar 28. Tombol measure dan hasil pengukuran	44
Gambar 29. Tombol kontrol pada Leica Sprinter 150M	44
Gambar 30. Alat meminta pembacaan BM	45
Gambar 31. Sketsa pengukuran Sistem Polar.....	46
Gambar 32. Pengisian data awal sebelum pengukuran	48
Gambar 33. Tahapan pemilihan program BIF.....	48
Gambar 34. Menghidupkan/mematikan fitur intermediate sight.....	49
Gambar 35. Pengisian data awal sebelum pengukuran	52

Gambar 36. Tahapan pemilihan program BF	52
Gambar 37. Sketsa pengukuran galian dan timbunan	56
Gambar 38. Profil galian dan timbunan potongan melintang.....	60
Gambar 39. Pengisian data awal sebelum pengukuran	63
Gambar 40. Tahapan pemilihan program BIF.....	64
Gambar 41. (a) dan (b) Komponen-Komponen Theodolite	75
Gambar 42. Cara Pengukuran Reiterasi	81
Gambar 43. Cara Pengukuran Repetisi.....	84
Gambar 44. Statif.....	84
Gambar 45. Bak Ukur.....	85
Gambar 46. Pita Ukur.....	86
Gambar 47. Pen Ukur	87
Gambar 48. Langkah Kerja Pengukuran Metode Reiterasi	88
Gambar 49. Langkah Kerja Pengukuran Metode Repetisi	89
Gambar 50. Total Station Nikon-322	94
Gambar 51. Statif/Tripod.....	97
Gambar 52. Reflector/Prisma	98
Gambar 53. Tongkat Pole Prisma.....	99
Gambar 54. Pita Ukur/Roll Meter	99
Gambar 55. (a) dan (b) Komponen Total Station.....	101
Gambar 56. Ilustrasi Pengukuran Jarak dan Sudut.....	104
Gambar 57. Menyalakan Total Station.....	111
Gambar 58. Tampilan Awal Total Station	111
Gambar 59. Tampilan Display Sebelum Pengoperasian	112
Gambar 60. Tampilan Menu.....	112
Gambar 61. Pembuatan Job Baru	113
Gambar 62. Tombol STN Untuk Backsight	114
Gambar 63. Stn Setup.....	115
Gambar 64. Input Station	115
Gambar 65. Input Koordinat.....	116
Gambar 66. Input Tinggi Alat	116
Gambar 67. Tampilan Input Backsight	117
Gambar 68. Input BS point.....	117
Gambar 69. Tampilan Data Backsight Tersimpan	118
Gambar 70. Gambar Pengukuran Poligon Tertutup	122
Gambar 71. Gambar Pengukuran Poligon Terbuka.....	126
Gambar 72. Penggunaan RTK.....	130

Gambar 73. Trimble R8.....	150
Gambar 74. Tripod	150
Gambar 75. Smartphone	151
Gambar 76. Meteran	151
Gambar 77. Rakitan Trimble R8	154
Gambar 78. Menu Aplikasi	155
Gambar 79. Menu Job	155
Gambar 80. Menu Reciver	156
Gambar 81. Menu Base	157
Gambar 82. Menu Reicever.....	158
Gambar 83. Menu Rover	159
Gambar 84. Menu Aplikasi	160
Gambar 85. Menu Aplikasi	161
Gambar 86. Menu Titik Survei.....	162
Gambar 87. Drone Rotary Wing DJI Mini 3 Pro (Sumber: DJI Official)	166
Gambar 88. Drone Fixed Wing (Sumber: DJI Official).....	167
Gambar 89. Drone VTOL (Sumber: DJI Official)	167
Gambar 90. Bagian Bagian Drone (DJI Official website).....	168
Gambar 91. Bagian dari remote control (DJI OFFICIAL).....	171
Gambar 92. Jalur Terbang	180
Gambar 93. Premark.....	183
Gambar 94. Menghidupkan dan mematikan drone	186
Gambar 95. Aplikasi DJI Fly.....	187
Gambar 96. Kalibrasi open.....	187
Gambar 97. Kalibrasi mulai.....	188
Gambar 98. Pengaturan Prameter	188
Gambar 99. Tahapan Pemetaan Menggunakan drone	189
Gambar 100. Aplikasi Pix4D Capture	192
Gambar 101. Jenis Misi Dalam Pix4D Capture	193
Gambar 102. Pengaturan (setting) Pix4D Capture	194
Gambar 103. Tampilan Misi pada beranda.....	198
Gambar 104. Camera view pada drone.....	201
Gambar 105. Telemetri penerbangan pada drone.....	201
Gambar 106. Memulai misi	202
Gambar 107. Verifikasi memulai misi pada Pix4D.....	203
Gambar 108. Proses pemfotoan misi dimulai.....	204

Gambar 109. Project List misi yang pernah dilakukan	204
Gambar 110. Misi yang telah dilakukan.....	205
Gambar 111. Keterangan detail misi yang dilakukan.....	206
Gambar 112. Foto hasil citra drone	206
Gambar 113. Spesifikasi hardware.....	208
Gambar 114. Tampilan Agisoft Metashape.....	208
Gambar 115. Penjelasan Tools Agisoft.....	209
Gambar 116. Langkah awal.....	211
Gambar 117. Pilih file Photos	211
Gambar 118. Foto Berhasil Di import.....	212
Gambar 119. Buka Tools.....	212
Gambar 120. Settingan Align photos	213
Gambar 121. Tampilan Hasil Tie Point.....	214



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan fitur setiap jenis leica sprinter.....	25
Tabel 2. Nama dan kegunaan dari komponen leica sprinter 150M.....	26
Tabel 3. Spesifikasi fitur Leica Sprinter 150M	29
Tabel 4. Spesifikasi fitur MENU Leica Sprinter 150M	30
Tabel 5. Metode Program Backsight Foresight	32
Tabel 6. Program Backsight Intermediate Foresight	33
Tabel 7. Metode Backsight Foresight Foresight Backsight.....	34
Tabel 8. Keterangan Tampilan pada Monitor.....	103
Tabel 9. Penjelasan icon pada menu setting Pix4D Capture.....	195
Tabel 10. Penjelasan Icon pada menu beranda misi.	198
Tabel 11. Keterangan telemetri penerbangan pada drone	202
Tabel 12. Arti icon pada setiap misi.....	205



BAB 1

PERAN SURVEI DALAM PROYEK TEKNIK SIPIL

A. Pendahuluan

Survei dalam teknik sipil adalah kegiatan untuk mengukur, memetakan, dan memverifikasi posisi serta elevasi objek di lapangan. Tujuan utamanya menyiapkan data yang dapat dipercaya sebelum keputusan desain diambil. Survei juga memastikan rancangan dapat diterapkan dengan tepat di lokasi proyek. Tanpa survei yang baik, informasi dasar proyek mudah keliru dan menimbulkan masalah di tahap berikutnya.

Peran survei hadir sejak awal hingga akhir siklus proyek. Pada tahap perencanaan, tim membutuhkan peta topografi dan titik kontrol yang jelas. Saat desain, data yang rapi membantu insinyur menentukan trase, kemiringan, dan volume pekerjaan. Ketika konstruksi berjalan, survei mengarahkan titik dan garis rencana (stakeout) serta mengecek hasil pekerjaan di lapangan.

Kualitas data survei berkaitan langsung dengan biaya, waktu, dan keselamatan. Data yang kurang akurat membuat volume galian–urugan melenceng dan anggaran berubah. Penjadwalan juga terganggu karena pekerjaan ulang mengikuti data yang salah. Risiko di lapangan meningkat ketika patok, elevasi, atau koordinat tidak sesuai.

Buku ini berfokus pada teknologi instrumen yang umum dipakai di proyek sipil modern. Pembahasan mencakup leveling digital untuk kontrol elevasi presisi. Teodolit dan total station digunakan untuk sudut, jarak, poligon, serta stakeout. RTK GNSS dan UAV digunakan untuk cakupan area luas dan percepatan akuisisi data.



(a)



(b)



(c)

Gambar 1. (a), (b), dan (c) Alat-Alat dalam Survei

Pembaca akan menemukan cara memilih dan menyiapkan instrumen sesuai kebutuhan. Setiap instrumen memiliki keunggulan dan batasan yang perlu dipahami. Pemilihan yang tepat menghemat waktu dan mengurangi kesalahan. Kombinasi instrumen juga dibahas agar data saling melengkapi.

Survei bukan hanya tentang angka, tetapi juga ketertelusuran dan konsistensi. Titik kontrol harus jelas asal-usulnya, satuan harus konsisten, dan sistem koordinat harus terdokumentasi. Catatan lapangan, foto eviden, dan struktur berkas ikut menentukan mutu akhir. Semua itu menjadi dasar kepercayaan tim desain dan pelaksana.

Hubungan antara data survei dan produk akhir akan muncul di banyak contoh. Data titik dan garis akan berubah menjadi kontur, profil memanjang, dan peta kerja. Ortofoto dari UAV membantu membaca kondisi eksisting dengan cepat. Hasil ini dipakai untuk desain detail, pengendalian konstruksi, dan laporan as-built.

Kesadaran terhadap keselamatan dan etika juga ditekankan sejak awal. Pemasangan tripod di tepi jalan, pengoperasian UAV di area publik, dan pendirian base RTK memerlukan prosedur aman. Izin lokasi dan perlindungan privasi harus dihormati. Praktik yang tertib membuat survei tidak hanya akurat, tetapi juga bertanggung jawab.

B. Kebutuhan Data Survei

Kebutuhan data dimulai dari pertanyaan sederhana: keputusan teknis apa yang harus dibuat, dan ketelitian berapa yang dibutuhkan. Jawaban atas dua hal ini menentukan jenis instrumen, kerapatan titik, serta format keluaran. Proyek jalan, drainase kampus, dan bangunan gedung tidak selalu memerlukan paket data yang sama. Penentuan kebutuhan sejak awal mencegah pengukuran yang kurang atau berlebihan.

Pada tahap perencanaan, tim memerlukan gambaran medan yang andal. Peta topografi dasar, jaringan titik kontrol, dan informasi batas area menjadi prioritas utama. Kerapatan titik cukup moderat, namun kontrol horizontal–vertikal harus jelas dan stabil. Dokumen pendukung seperti izin lokasi dan catatan akses ke area juga termasuk kebutuhan data.

Tahap desain menuntut data yang lebih rapat dan konsisten. Breakline untuk tepi jalan, tepi saluran, dan patahan medan perlu terekam dengan baik. Interval kontur disesuaikan dengan skala gambar kerja dan sensitivitas elevasi rencana. Di sini, data elevasi yang bersih lebih bernilai daripada jumlah titik yang banyak namun tidak terstruktur.

Tahap konstruksi berfokus pada penerjemahan desain ke lapangan. Kebutuhan datanya berupa koordinat titik rencana, garis centerline, offset, dan elevasi desain pada lokasi patok. Data harus mudah dibaca di alat, memiliki penamaan konsisten, serta menyertakan

tinggi instrumen dan tinggi target. Rekaman progres kuantitas memerlukan data posisi yang berulang namun tetap presisi.

Tahap as-built dan operasi–pemeliharaan memerlukan dokumentasi akhir yang setara mutunya dengan desain. Semua elemen terpasang harus memiliki posisi dan elevasi aktual. Perbedaan terhadap desain dicatat dalam satuan yang disepakati dan dilaporkan dengan foto eviden. Data ini menjadi basis audit geometri dan aset ke depan.

Kebutuhan kontrol dasar menentukan kualitas keseluruhan data. Minimal ada benchmark (BM) dengan tinggi orthometrik yang jelas serta beberapa titik kontrol planimetris yang terikat pada sistem koordinat proyek. Jarak antar kontrol disesuaikan dengan ukuran lokasi dan hambatan medan. Setiap kontrol memiliki deskripsi fisik, sketsa lokasi, dan koordinat yang dapat diaudit.

Kerapatan titik dan cakupan area tidak berdiri sendiri; keduanya terkait dengan ketelitian dan produk yang ingin dihasilkan. Untuk UAV, GSD dan overlap menjadi kunci, sementara untuk RTK atau total station, distribusi titik pada area datar dan area curam harus berbeda. Titik di sekitar patahan medan, saluran, tepi tanggul, dan area perubahan kemiringan perlu dipadatkan. Di area yang seragam, pengukuran dapat diregangkan tanpa mengganggu kualitas surface.

Kebutuhan metadata sering diabaikan padahal sangat penting. Setiap paket data harus menyertakan CRS, satuan, epoch, tinggi

antena, tinggi target, serta catatan lingkungan saat pengukuran. Struktur folder yang jelas memudahkan alur Lapangan → Kantor → Model. Penamaan file yang konsisten mengurangi salah impor pada tahap pengolahan.



Gambar 2. Penggunaan Alat

Data keselamatan dan akses lapangan juga bagian dari kebutuhan survei. Informasi jalur masuk, titik aman untuk tripod, perimeter lepas-landas UAV, serta kontak pengawas lokasi perlu terdokumentasi. Peta bahaya sederhana membantu tim menghindari area rawan. Catatan ini memperkecil waktu henti akibat kondisi di luar rencana.

Verifikasi kebutuhan dilakukan melalui rapat singkat lintas tim. Perencana menjelaskan toleransi desain, pelaksana menyampaikan kebutuhan stakeout, dan surveyor merumuskan daftar data minimal. Hasilnya berupa dokumen ringkas yang berisi jenis data, ketelitian target, cakupan, kontrol, dan format keluaran. Dokumen tersebut menjadi acuan pengukuran, pengolahan, dan penyerahan hasil.

Ketika ruang lingkup berubah, kebutuhan data harus diperbarui. Penambahan saluran, perubahan elevasi rencana, atau perluasan tapak menuntut penyesuaian kerapatan titik dan cakupan. Pembaruan dicatat agar semua pihak memakai versi yang sama. Dengan cara ini, data tetap relevan dan biaya pengukuran dapat terkendali.

C. Produk & Output Survei

Produk survei adalah wujud akhir dari pekerjaan pengukuran yang siap dipakai untuk keputusan teknis. Bentuk dasarnya berupa titik, garis, dan permukaan. Dari tiga unsur ini lahir kontur, profil memanjang, penampang melintang, dan model permukaan. Semua produk harus memiliki satuan, sistem koordinat, dan tinggi yang jelas.

Titik menyimpan koordinat dan elevasi objek kunci. Contohnya benchmark, patok trase, sudut batas lahan, tepi perkerasan, dan puncak tanggul. Setiap titik idealnya membawa kode deskripsi agar mudah dipanggil saat pemodelan. Penamaan yang konsisten mengurangi salah interpretasi saat pengolahan.

Garis menggambarkan hubungan geometris antar titik. Breakline digunakan untuk batas tegas seperti tepi jalan, tepi saluran, bahu, dan patahan medan. Garis rencana seperti centerline dan batas pekerjaan masuk ke paket output untuk keperluan stakeout. Ketepatan garis memengaruhi bentuk permukaan yang dihasilkan.



Gambar 3. Pengaplikasian dari Survei

Permukaan dibangun dari jaringan segitiga tidak beraturan (TIN) atau grid. Permukaan inilah yang menjadi dasar penurunan kontur, perhitungan kemiringan, dan analisis aliran air. Permukaan yang baik memerlukan pembersihan outlier, pengaturan boundary, dan penambahan breakline. Hasilnya lebih stabil saat dipakai memperkirakan volume.

Kontur adalah representasi visual elevasi yang mudah dibaca di gambar kerja. Interval kontur dipilih sesuai skala dan kebutuhan desain. Smoothing boleh dilakukan secara terbatas, tetapi tidak boleh mengubah karakter medan. Label kontur harus terbaca dan tidak menutupi informasi penting lain.

Profil memanjang dan penampang melintang menampilkan potongan geometri di sepanjang garis desain. Keduanya dipakai untuk mengecek kesesuaian elevasi rencana terhadap kondisi

eksisting. Bentuk profil harus menyertakan grid, jarak stasiun, dan elevasi referensi yang jelas. Simbol dan keterangan dibuat ringkas agar cepat dipahami di lapangan.

Volume cut–fill dihitung dari perbandingan permukaan eksisting dengan permukaan rencana. Laporan volume disajikan dalam tabel per stasiun atau per petak kerja, dilengkapi catatan asumsi. Perubahan kecil pada batas surface dapat menghasilkan selisih yang signifikan. Karena itu setiap laporan volume wajib menyertakan versi data dan tanggal perhitungan.

Ortofoto dan DSM/DTM dari UAV menambah konteks visual pada peta kerja. Ortofoto memudahkan identifikasi objek yang luput saat survei detail. DSM/DTM memberi gambaran bentuk permukaan untuk analisis lebih lanjut. Semua produk citra harus tersimpan dalam sistem koordinat yang sama dengan data titik dan permukaan.

Paket keluaran biasanya terdiri dari berkas CSV (titik), DXF/DWG (garis dan layout), GeoTIFF (ortofoto/DTM), dan LandXML (surface, alignment). Setiap paket dilengkapi lembar QA/QC yang memuat ringkasan akurasi, daftar checkpoint, dan keterangan transformasi koordinat. Struktur folder yang rapi membantu audit dan proses revisi. Kebiasaan ini mempercepat kerja lintas tim.

Kualitas kartografi mempengaruhi keterbacaan produk. Skala, legenda, panah utara, dan grid harus konsisten di semua lembar.

Tebal garis, simbol, dan warna dijaga agar tetap jelas saat dicetak hitam-putih. Penomoran lembar dan kode revisi memudahkan pelacakan dokumen.

Produk as-built adalah penutup dari rangkaian output survei. Dokumen ini membandingkan posisi dan elevasi terpasang terhadap desain. Selisih di atas toleransi diberi catatan dan foto eviden. Arsip as-built menjadi dasar pemeliharaan dan audit di masa datang.

D. Standar Akurasi

Akurasi menunjukkan kedekatan hasil pengukuran terhadap nilai sebenarnya. Presisi menggambarkan seberapa konsisten hasil jika pengukuran diulang. Data bisa presisi tetapi tidak akurat bila terjadi bias yang tidak dikoreksi. Tujuan pekerjaan survei adalah mendapatkan keduanya secara seimbang sesuai kebutuhan proyek.

Ukuran akurasi yang umum dipakai adalah RMSE (root mean square error). Nilai ini dihitung dari selisih antara hasil pengukuran dan nilai acuan pada sejumlah titik uji. Semakin kecil RMSE, semakin baik mutu data. Laporan yang baik menyebutkan berapa jumlah titik uji, bagaimana cara memilihnya, dan kapan pengukuran dilakukan.

Untuk posisi planimetris sering digunakan CE (circular error), sedangkan untuk tinggi digunakan LE (linear error). Keduanya biasanya dinyatakan pada tingkat kepercayaan tertentu, misalnya 95%. Pernyataan seperti “CE95 = 2 cm” berarti 95 persen titik uji

berada dalam radius 2 cm dari posisi sebenarnya. Informasi tingkat kepercayaan perlu ditulis agar pembaca tidak keliru menafsirkan angka.

Pengendalian mutu dilakukan dengan checkpoint yang tidak dipakai saat membangun model. Titik ini diukur dengan metode yang lebih teliti atau berasal dari kontrol independen. Selisih pada checkpoint dihitung dan diringkas dalam tabel statistik. Grafik sederhana seperti histogram atau peta panas residu membantu melihat pola kesalahan.

Pada leveling, standar akurasi dilihat dari misclose pada loop tertutup. Nilai misclose didistribusikan proporsional terhadap panjang ruas agar elevasi akhir konsisten. Jarak muka-balik dijaga seimbang untuk mengurangi pengaruh refraksi dan kelengkungan bumi. Buku ukur harus menunjukkan urutan pembacaan yang rapi agar koreksi dapat ditelusuri.

Pada travers total station, pemeriksaan mencakup misclose sudut dan misclose koordinat. Metode penyesuaian sederhana seperti Bowditch atau Transit dipakai untuk mendistribusikan kesalahan. Parameter penting lain adalah konstanta prisma, koreksi meteorologi, dan pengamatan face kiri-kanan. Dokumentasi setiap asumsi memudahkan audit di kemudian hari.



Gambar 4. Drone dan Alat Pendukung

Pada RTK GNSS, indikator mutu meliputi status solusi FIX/FLOAT, PDOP/HDOP, umur koreksi, dan residu baseline. Titik yang diambil saat FIX stabil lebih dapat diandalkan. Pengambilan di lokasi multipath perlu waktu lebih lama atau strategi pengukuran ulang. Ikatan ke benchmark dan uji silang dengan total station menambah keyakinan pada hasil.

Pada UAV/fotogrametri, akurasi dinilai dari RMSE GCP (titik kontrol) dan RMSE CHP (checkpoint). Penempatan GCP harus merata dan mencakup tepi area agar model tidak melengkung. Artefak seperti “doming” atau pergeseran seamline perlu dicatat dalam laporan mutu. Produk yang diekspor (ortofoto, DSM/DTM) harus menyertakan CRS yang sama dengan data darat.



Gambar 5. Alat-alat Survei

Setiap proyek membutuhkan kriteria penerimaan yang jelas sejak awal. Pekerjaan kontrol elevasi bangunan mungkin menuntut tinggi ≤ 5 mm, sedangkan pemetaan awal kawasan dapat menerima toleransi beberapa sentimeter. Matriks sederhana yang memadankan tahap proyek, produk, dan toleransi membantu menyamakan harapan. Keputusan ini menjaga biaya dan waktu tetap terkendali.

Standar akurasi tidak berhenti di angka; yang sama penting adalah ketertelusuran. Semua keputusan teknis, parameter perhitungan, dan versi data harus tercatat. Struktur folder yang rapi, penamaan konsisten, dan lembar QA/QC membuat data mudah diaudit.

Dengan disiplin ini, tim desain dan pelaksana dapat menggunakan hasil survei dengan percaya diri.

E. K3 & Etika dalam Kegiatan Survei

Keselamatan kerja adalah syarat utama setiap kegiatan survei. Tim perlu pulang dalam keadaan sehat, alat tetap berfungsi, dan data tidak hilang. Prinsip ini sederhana, tetapi sering kalah oleh target waktu. Bab ini membantu menata ulang prioritas agar pekerjaan cepat dan aman.

Langkah awal adalah mengenali bahaya di lokasi. Tim menyusun daftar risiko dengan pendekatan HIRARC: identifikasi, penilaian, dan pengendalian. Sumber risiko bisa datang dari lalu lintas, alat berat, tepi tebing, sungai, cuaca, listrik, hingga interaksi dengan warga. Hasil identifikasi ditulis sebelum pekerjaan dimulai dan dibahas saat briefing.



Gambar 6. Pengukuran dengan Total Station

Pengendalian risiko mengikuti urutan yang sistematis. Hilangkan bahaya bila bisa, atau ganti cara kerja yang lebih aman. Jika masih ada risiko, gunakan rekayasa teknis seperti barikade, rambu, dan perimeter. Atur prosedur kerja dan disiplin istirahat, lalu lengkapi dengan APD minimum: helm, rompi reflektif, sepatu keselamatan, dan pelindung mata.

Lokasi jalan aktif memerlukan pengaturan lalu lintas sederhana. Tripod ditempatkan di luar jalur kendaraan dan diberi kerucut serta rambu peringatan. Satu orang ditugaskan sebagai pengawas atau flagman yang menjaga komunikasi. Jarak aman dijaga saat alat berat melintas dan posisi operator tidak membelakangi arus kendaraan.

Operasi UAV memiliki kebutuhan keselamatan khusus. Area lepas landas diberi perimeter yang jelas dan bebas dari orang yang tidak berkepentingan. Pemeriksaan cuaca, kompas, IMU, baterai, dan status GNSS dilakukan sebelum terbang. Tim menetapkan rute darurat dan fungsi return-to-home yang sudah diuji.

Pendirian base RTK perlu perhatian lebih. Titik didirikan di lokasi stabil, tidak licin, dan aman dari lalu lintas serta gangguan publik. Kabel dan catu daya dirapikan agar tidak menjadi sumber tersandung. Koordinasi dengan pemilik lahan dan petugas pengaman setempat dilakukan sejak awal.



Gambar 7. Pengukuran dengan RTK

Ergonomi dan kondisi fisik sering diabaikan padahal berdampak langsung pada mutu data. Operator mengatur siklus kerja–istirahat, minum cukup, dan melindungi diri dari panas berlebih. Pengangkatan alat mengikuti teknik yang benar agar punggung tidak cedera. Peralatan dibersihkan setelah kerja untuk mencegah kerusakan dini.

Tim menyiapkan rencana darurat yang sederhana dan jelas. Daftar kontak penting disimpan di ponsel dan dicetak di buku kerja. Jalur evakuasi dan titik kumpul disepakati sebelum pengukuran. Setiap insiden atau kejadian nyaris celaka dicatat untuk bahan perbaikan. Etika profesional menjaga kepercayaan publik dan pemilik lahan. Tim meminta izin sebelum memasuki area privat dan menjelaskan tujuan pekerjaan. Pemotretan dibatasi pada objek teknis, bukan pribadi penduduk, serta menghormati area sensitif. Komunikasi dengan warga dilakukan sopan dan informatif.

Integritas data adalah bagian dari etika. Tidak ada penghapusan atau manipulasi angka untuk “menyamakan” hasil. Revisi dilakukan dengan catatan yang jelas dan dapat diaudit. Setiap berkas menyertakan metadata yang cukup tentang waktu, lokasi, dan alat yang digunakan.

Privasi dan keamanan informasi juga dijaga. Data yang memuat lokasi aset vital disimpan dengan akses terbatas. Distribusi berkas mengikuti daftar penerima yang disetujui. Penggunaan foto atau peta untuk publikasi mendapat persetujuan tertulis bila diperlukan.

Dokumentasi K3 membuat praktik aman dapat diulang dan diperiksa. Tim menyimpan checklist pra–selama–pasca kerja, log kondisi cuaca, dan foto penempatan alat. Laporan singkat K3 dilampirkan pada paket data agar pihak lain memahami konteks akuisisi. Kebiasaan ini membantu audit dan meningkatkan kualitas proyek berikutnya.

F. Evaluasi

1. Sebuah proyek desain drainase kampus membutuhkan survei awal sampai as-built. Uraikan:
 - a. Mengapa survei krusial di tiap tahap (perencanaan, desain, konstruksi, as-built/O&M).
 - b. Kebutuhan data minimum per tahap (kontrol, kerapatan titik, breakline/kontur, stakeout, dokumentasi).
 - c. Pilihan instrumen yang tepat per tahap (leveling, TS, RTK, UAV) beserta alasan teknisnya.
 - d. Struktur folder & metadata inti yang harus disiapkan agar alur Lapangan → Kantor → Model rapi.

2. Anda menerima paket hasil survei berupa CSV titik, DWG garis/breakline, GeoTIFF ortofoto, dan LandXML surface. Jelaskan:
 - a. Cara membangun surface TIN yang bersih dari data tersebut (boundary, pembersihan outlier, penambahan breakline).
 - b. Metode penentuan interval kontur dan pengendalian smoothing agar tidak mengubah karakter medan.
 - c. Rencana verifikasi akurasi: definisi RMSE/CE/LE, pemilihan checkpoint/GCP, dan contoh kriteria penerimaan untuk planimetri–altimetri.
 - d. Format laporan QA/QC ringkas yang harus menyertai deliverables.
3. Tim akan survei koridor jalan aktif dengan rencana operasi UAV untuk ortofoto dan RTK/TS untuk stakeout. Paparkan:
 1. Identifikasi bahaya utama dan pengendalian (HIRARC) termasuk penataan tripod, perimeter T/O UAV, flagman, dan APD.
 2. Prosedur izin lokasi, privasi data, dan komunikasi dengan pemangku kepentingan/warga.
 3. Keputusan teknis untuk menjaga mutu data di lokasi menantang: strategi FIX RTK, penempatan GCP/CHP, dan cross-check dengan leveling/TS.

G. Penutup

Bab ini menempatkan survei sebagai fondasi keputusan teknik di setiap tahap proyek. Data yang rapi, telusur, dan konsisten membuat desain lebih pasti serta konstruksi lebih terkendali. Kualitas survei memengaruhi biaya, waktu, dan keselamatan secara

langsung. Karena itu, survei bukan sekadar pekerjaan pendukung, melainkan bagian inti dari rekayasa.

Kebutuhan data harus ditetapkan sebelum alat dinyalakan. Tim menyepakati tujuan, ketelitian, kerapatan titik, dan cakupan area sejak awal. Dokumen singkat tentang kontrol, format berkas, dan struktur folder mencegah salah paham di lapangan. Kesepakatan ini menjadi “kontrak teknis” internal yang mengikat semua pihak.

Produk survei lahir dari tiga unsur dasar: titik, garis, dan permukaan. Dari sini muncul kontur, profil, ortofoto, dan volume yang dibutuhkan untuk desain dan pengendalian konstruksi. Nilai produk tidak hanya pada tampilannya, tetapi pada ketepatan angka dan keterbacaan kartografinya. Paket deliverables harus siap dipakai tanpa banyak perbaikan ulang.

Standar akurasi memberi ukuran yang objektif atas mutu data. RMSE, CE/LE, checkpoint, dan misclose dipakai untuk menilai apakah hasil sudah memenuhi toleransi. Metode pemeriksaan disesuaikan dengan instrumen dan kondisi lapangan. Laporan QA/QC singkat membuat setiap keputusan dapat diaudit kembali.

Keselamatan dan etika menjaga pekerjaan tetap bertanggung jawab. Penataan tripod, perimeter UAV, dan perlindungan base RTK mengurangi risiko di lokasi. Izin lokasi dan perlindungan privasi membangun kepercayaan dengan pemilik lahan dan masyarakat.

Dokumentasi K3 memastikan praktik baik dapat diulang pada proyek berikutnya.

Peran instrumen ditentukan oleh tujuan dan ketelitian yang diminta. Leveling unggul pada kontrol elevasi, total station pada sudut–jarak dan stakeout, RTK GNSS pada koordinat cepat, dan UAV pada cakupan luas. Kombinasi instrumen sering menjadi pilihan terbaik untuk efisiensi dan konsistensi. Bab-bab selanjutnya menguraikan cara kerja rinci dan langkah operasionalnya.

Pembaca diharapkan membawa tiga kebiasaan setelah menutup bab ini. Pertama, selalu mulai dari kebutuhan data dan toleransi yang jelas. Kedua, pastikan setiap produk punya jejak QA/QC yang bisa ditelusuri. Ketiga, jadikan K3 dan etika sebagai bagian dari definisi mutu, bukan pelengkap administratif.

Bab berikutnya masuk ke praktik instrumen secara mendalam. Kita mulai dari Leveling Digital dengan fokus pada kontrol elevasi, buku ukur, misclose, dan langkah-langkah lapangan yang efisien. Setelah itu pembahasan berlanjut ke teodolit, total station, RTK GNSS, dan UAV sesuai urutan alur kerja. Tujuannya sederhana: membawa tim dari “tahu apa yang dibutuhkan” menuju “mampu mengerjakan dengan benar dan aman”.

BAB 2

Leveling Laser Leica 150M

A. Pendahuluan

Leica Sprinter adalah alat ukur digital jenis level otomatis (digital level) yang digunakan untuk pengukuran beda tinggi (leveling) secara lebih cepat, akurat, dan efisien dibanding alat leveling konvensional. Dengan menggunakan teknologi pembacaan barcode staff (rambu digital), Leica Sprinter dapat secara otomatis menghitung jarak dan beda tinggi antar titik tanpa perhitungan manual.



Gambar 8. Leica Sprinter

B. Jenis-Jenis Levelling Laser Leica

1. Leica Sprinter 50

Leica Sprinter 50 adalah model paling sederhana yang hanya memiliki fungsi dasar pengukuran tinggi dan jarak. Pengoperasiannya sangat mudah, cukup membidik rambu dan menekan satu tombol untuk mendapatkan hasil. Dengan nilai akurasi pengukuran ganda (double-run): $\pm 2,0$ mm/km dan tidak memiliki fitur penyimpanan atau transfer data.



Penerbitan & Percetakan
Gambar 9. Leica Sprinter 50

2. Leica Sprinter 150

Sprinter 150 merupakan pengembangan dari versi sebelumnya, dilengkapi dengan fitur tambahan seperti perhitungan beda tinggi (delta height) secara otomatis. Model ini memiliki tampilan menu yang dapat disesuaikan dan kontrol yang lebih interaktif melalui layar LCD. Cocok untuk pekerjaan yang membutuhkan ketelitian lebih tinggi dibanding Sprinter 50 karena memiliki akurasi pengukuran $\pm 1,5$ mm/km namun belum mendukung penyimpanan data internal atau transfer digital.



Gambar 10. Leica Sprinter 150



Gambar 11. Tampak samping Leica Sprinter 150M



Gambar 12. Tampak depan Leica Sprinter 150M

Leica Sprinter 150M telah dilengkapi dengan memori internal yang memungkinkan penyimpanan hingga 1000 titik pengukuran. Alat ini juga mendukung pengukuran metode line leveling, serta fitur cut & fill untuk pekerjaan konstruksi. Data yang dikumpulkan dapat

ditransfer ke komputer melalui port USB dengan Tingkat akurasi pengukuran $\pm 1,5$ mm/km sehingga fitur lebih kompleks dan memerlukan pemahaman teknis tambahan.

3. Leica Sprinter 250M



Gambar 13. Leica Sprinter 250M

Leica Sprinter 250M merupakan model tertinggi dalam seri ini. Selain memiliki semua fitur dari Sprinter 150M, model ini juga menawarkan akurasi tertinggi $\pm 1,0$ mm/km hingga $\pm 0,7$ mm/km (tergantung kondisi) sehingga cocok untuk pengukuran kontrol dan monitoring, mampu menyimpan data hingga 2000 data, serta kompatibilitas dengan format ekspor data ke perangkat lunak pengolahan seperti Excel.

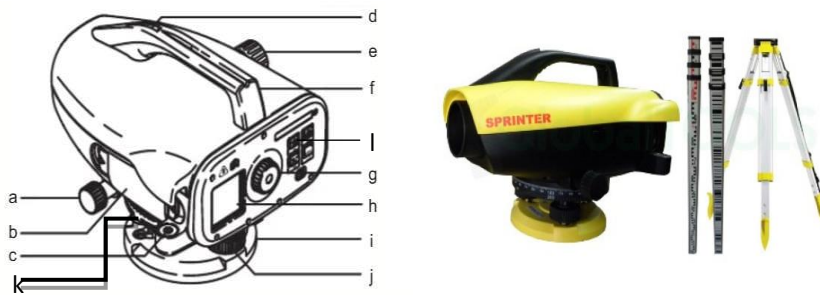


Gambar 14. Tampak depan Leica Sprinter 250M

Tabel 1. Perbandingan fitur setiap jenis leica sprinter

Model	Akurasi	Fitur Utama	Memori	Fungsi
Sprinter 50	$\pm 2,0$ mm/km	Tinggi dan jarak	Tidak ada	Pengukuran cepat, umum
Sprinter 150	$\pm 1,5$ mm/km	Beda tinggi otomatis	Tidak Ada	Konstruksi ringan
Sprinter 150M	$\pm 1,5$ mm/km	Memori internal, USB, Cut & Fill	Ada	Konstruksi menengah
Sprinter 250M	$\pm 0,7-1,0$ mm/km	Lengkap dan ekspor data lanjutan	Ada	Survei presisi tinggi

C. Komponen Leica Sprinter 150M



Gambar 15. Komponen Leica Sprinter 150M

Tabel 2. Nama dan kegunaan dari komponen leica sprinter 150M

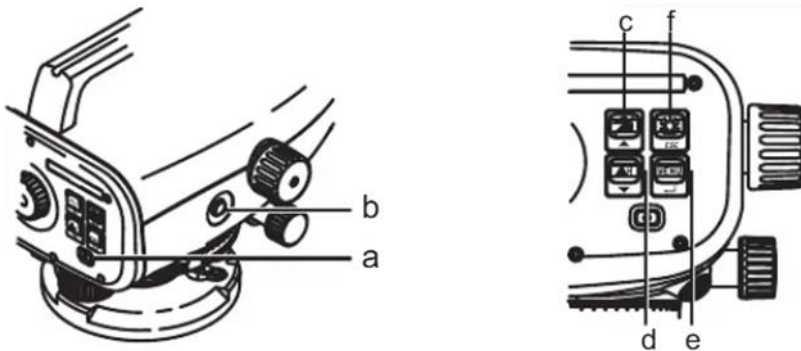
Kode	Nama	Kegunaan
a	Penggerak Halus Horizontal	Digunakan untuk menggerakkan teleskop secara perlahan ke kanan atau kiri agar dapat diarahkan tepat ke titik sasaran
b	Kompartemen Baterai dan Port Sambungan Kabel USB	Tempat untuk memasang baterai sebagai sumber daya alat dan port untuk menyambungkan alat ke komputer guna mengunduh data pengukuran.
c	Nivo Kotak	Alat bantu untuk memastikan posisi alat dalam keadaan datar secara kasar sebelum menggunakan nivo sferis atau elektronis
d	Visir (Pintik Bidik)	Komponen kecil di atas teleskop yang digunakan untuk membidik objek secara kasar sebelum

		melakukan pembidikan melalui lensa
e	Mikrometer	Alat tambahan untuk meningkatkan ketelitian pembacaan hasil pengukuran, biasanya terdapat pada sistem optik manual
f	Pegangan	Berfungsi sebagai alat bantu untuk membawa atau memindahkan alat dengan mudah dan aman.
g	Lensa Teleskop	Bagian optik utama yang digunakan untuk membidik rambu ukur dan melihat nilai skala ukur.
h	Layar LCD	Menampilkan data hasil pembacaan seperti tinggi, beda tinggi, serta informasi lainnya secara digital
i	Plat Dasar	Bagian bawah alat yang berfungsi sebagai tempat menempelkan alat ke kepala statif/tripod
j	Sekrup Pendatar	Tiga sekrup yang digunakan untuk meratakan alat secara presisi menggunakan nivo sferis.
k	Lingkaran Horizontal	Menunjukkan sudut horizontal pembidikan, berguna saat pengukuran sudut atau penentuan arah
l	Tombol	Digunakan untuk memilih menu,

	Navigasi	mengatur fungsi pengukuran, dan mengoperasikan alat melalui antarmuka digital
--	-----------------	---



D. Spesifikasi Fitur Leica Sprinter 150M


Alat ini memiliki akurasi pengukuran sebesar $\pm 1,0$ mm per 1 km untuk pengukuran ganda, sehingga sangat andal untuk keperluan survei presisi tinggi. Teleskop yang digunakan memiliki pembesaran hingga 24x, memungkinkan pengamatan objek dari jarak jauh dengan jelas. Resolusi pembacaannya mencapai 1 mm atau 0,1 mm, memberikan detail yang sangat baik dalam pengukuran. Jarak minimum pembacaan sekitar 2 meter, sedangkan jarak maksimum pembacaan rambu mencapai hingga 100 meter. Alat ini dilengkapi dengan memori internal yang mampu menyimpan hingga 1.000 titik data (250M), serta memiliki antarmuka data berupa USB dan RS232 untuk kemudahan transfer data. Untuk sumber daya, alat ini menggunakan 4 baterai AA, yang mudah ditemukan dan diganti di lapangan.



Gambar 16. Tombol yang ada pada Leica Sprinter 150M

Tabel 3. Spesifikasi fitur Leica Sprinter 150M

Kata Kunci	Simbo l	Fungsi utama	Fungsi tambahan
a. On/off		Menghidupkan/memati kan alat	-
b. Meas		Mengukur	Tekan dan tahan selama 3 detik untuk memulai dan menghentikan pengukuran/wak tu
c. Height/ Distanc e		Pergantian ketinggian dan jarak pada display	Kursor naik, mengganti titik perantara dengan titik yang akan dibidik dan on/off fungsi intermediate pada program BIF
d. dH		Pengukuran beda tinggi dan elevasi	Kursor turun
e. MENU		Aktivasi dan pemilihan pengaturan	Enter

f. Backlight		Penerangan lampu latar	Tombol esc untuk menghentikan perintah
---------------------	---	------------------------	--



Tabel 4. Spesifikasi fitur MENU Leica Sprinter 150M




MENU	Opsi	Fungsi
a. Program	Line Leveling (BIF, BF, BFFB)	Untuk mempermudah pengukuran dengan titik berurutan /berantai dan kontrol.
	Cut & Fill	Meghitung galian dan timbunan
b. Intermediate Sight	On/Off	Mematikan /menghidupkan intermediate pada metode BIF
c. Input ptID	Masukkan nama titik	
d. Input BM	Masukkan titik referensi/ BM	
e. Input D. elevasi	Input elevasi renvana	

	(program cut&fill)	
f. Data Menager	View data, download data dan delete data	Melihat, menghapus data yang direkam dan mentransfer data ke pc (format GSI-8 atau ASCII)
g. Recording	Penyimpanan titik (memory, off, external)	Pengukuran direkam atau tidak, dengan menentukannya sebelum pengukuran backsight pertama
h. Adjustment	Program Penyesuaian alat	
i. Inverse Staff	On, off dan auto	Pengenalan orientasi alat
j. Setting	Contrast	Pengaturan kontras display
	Unit (m, inc, ft, USft, pt in1/16 inc)	Pengaturan satuan
	Auto off (on 15 min/off)	Pengaturan tidur otomatis








		alat
	Rounding(standart/precise)	Pembulatan pembacaan angka
	Beep(onn/off)	Bunyi tombol
	RS232	Pengaturan pemindahan data
	Tilt Warning (On/Off)	Pengaturan peringatan alat miring
	Baclight (on/off)	Pengaturan lampu latar
	Averaging	Perhitungan rata rata pengukuran
	Language	Bahasa display
	Timer	jangka waktu pengukuran

Tabel 5.Metode Program Backsight Foresight












No	Tampilan	Keterangan
1		Pilih Metode BF (Backsight Foresight)
2		Masukkan elevasi titik bm yang di ukur lalu mulai pengukuran pada titik BM

3		Enter
4		Setelah mendapat hasil di display arahkan pada titik foresight
5		Data Foresight sudah tampil di display
6		Alat siap dipindahkan

Tabel 6. Program Backsight Intermediate Foresight

No	Tampilan	Keterangan
1		Pilih metode BIF
2		Lalu masukan data bm atau acuan dan arahkan ke titik bm
3		Setelah itu tekan tombol mulai pengukuran, setelah didapat nilai lalu tekan enter
4		Beralih ke menu dan hidupkan intermediate sight atau bisa menekan tombol high & distance
5		Setelah itu arahkan ke titik yang ingin di ukur lalu tekan tombol mulai pengukuran dan setelah diperoleh data klik enter
6		Setelah itu matikan intermediate sight di menu atau tekan tombol high & distance. Setelah selesai arahkan ke titik foresight/titik terakhir
7		Setelah diperoleh data tekan enter.

Tabel 7. Metode Backsight Foresight Foresight Backsight

No	Tampilan	Keterangan
1		Pilih metode BFFB di menu
2		Lalu masukan data ekevasi titik acuan atau BM
3		Dan arahkan alat ke titik BM lalu lakukan pengukuran, setelah didapatkan hasilnya tekan enter
4		Lalu lanjut arahkan ke titik foresight dan lakukan pengukuran
5		Setelah hasil telah didapatkan dan muncul di display alat, enter.
6		Selanjutnya pengukuran pada titik FS kedua
7		Setelah didapatkan parameter beda tinggi dan jarak tekan enter.
8		Arahkan alat ke BM kedua dan lakukan pengukuran
9		Telah didapatkan parameter backsight ke 2 dan muncul dilayar
10		Sistem layarkan menampilkan laporan pengukuran dan tekan enter
11		Alat siap dipindahkan dan melanjutkan ke titik selanjutnya

E. Transfer Data Leica Sprinter 150M

1. Klik kiri dua kali pada Sprinter_Dataloader.exe.setup launcher (secara default, Data Loader akan diinstal di C:\ Program files\ Leica-Geosystems).
2. Hubungkan kabel USB dengan jack telepon ke port konektor (yang terletak di kompartemen baterai instrumen) dan jack USB ke port USB di PC.
3. Nyalakan instrumen, tunggu bunyi bip ganda dan ikon USB akan ditampilkan di LCD instrumen.
4. Jalankan DataLoader dari default C:\Program files\Leica-Geosystems.
5. Klik kiri tombol 'USB connect' di DataLoader dan semua info yang relevan dengan instrumen akan ditampilkan.
6. Klik kiri pada tombol 'Data Listing' / 'Field Book' di window Ekspor Data untuk mengunduh data dari instrumen ke PC di window Ms-Excel®.

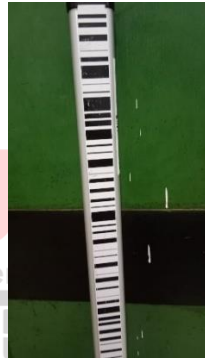
F. Peralatan Pendukung Pengukuran

Dalam melakukan pengukuran menggunakan Leica Sprinter 150M, selain alat utama, diperlukan sejumlah peralatan pendukung untuk memastikan proses berjalan dengan akurat, efisien, dan aman. Peralatan pendukung ini mencakup berbagai alat yang membantu stabilitas, akurasi pembacaan, kenyamanan kerja, serta pencatatan data di lapangan. Berikut ini adalah penjelasan masing-masing peralatan pendukung yang digunakan dalam kegiatan pengukuran.

1. Bak Ukur (Rambu Barcode)

Rambu barcode Adalah tongkat pengukur tinggi yang memiliki pola garis khusus berbentuk barcode di permukaannya. Alat Leica

Sprinter 150M bekerja dengan membaca pola barcode tersebut secara digital untuk menentukan tinggi titik terhadap alat. rambu ini harus ditegakkan dengan benar dan stabil pada titik pengukuran, karena goyangan sedikit saja dapat mempengaruhi hasil pembacaan.



Gambar 17. Rambu ukur Leica Sprinter 150M

Rambu barcode merupakan komponen vital karena tanpa rambu ini, alat tidak bisa melakukan pembacaan secara otomatis.



selalu bidik bagian tengah staf kode batang dan fokuskan alat untuk pengukuran yang akurat



Always aim at the center of bar code staff and focus the staff image for accurate measurement.



2. Statif

Statif atau tripod adalah penyangga utama alat Leica Sprinter 150M agar tetap berdiri stabil dan rata saat digunakan. Tripod terbuat dari material aluminium atau kayu yang kokoh namun ringan, dan dapat dilipat untuk memudahkan transportasi. Saat digunakan, tripod harus dipasang dengan kaki yang kuat mencengkeram tanah, kemudian kepala tripod diratakan menggunakan nivo gelembung sebelum alat dipasang di atasnya. Statif memegang peran penting dalam menjamin kestabilan alat selama pengukuran berlangsung.



Gambar 18. Statif

3. Pita Ukur

Pita ukur digunakan untuk mengukur jarak horizontal secara manual antara dua titik di lapangan, atau untuk membantu menempatkan rambu barcode pada posisi tertentu dan untuk mengukur tinggi alat. Pita ukur yang umum digunakan adalah pita baja dan pita fiber. Pita baja memiliki keunggulan dalam ketahanan dan kestabilan, sedangkan pita fiber lebih ringan dan fleksibel. Walaupun Leica Sprinter 150M mampu membaca jarak dan beda

tinggi secara otomatis, pita ukur tetap diperlukan dalam kondisi tertentu, terutama untuk verifikasi jarak atau pengukuran tambahan.



Gambar 19. Pita ukur

4. Pen Ukur/ Yalon

Pen ukur atau yalon adalah tongkat atau penanda berwarna cerah yang digunakan untuk menandai titik-titik ukur atau jalur pengukuran. Umumnya berbentuk tongkat panjang berwarna merah-putih atau menggunakan bendera kecil untuk meningkatkan visibilitas. Yalon sangat membantu dalam menjaga keteraturan dan kejelasan posisi titik yang diukur, terutama di area yang luas atau medan yang tidak rata. Penggunaannya sederhana, cukup ditancapkan di titik tertentu dan dipindahkan sesuai kebutuhan.



Gambar 20. Pen ukur



Gambar 21. Yalon

5. Kompas

Kompas merupakan alat bantu untuk menentukan arah mata angin dan orientasi medan. Meskipun tidak berhubungan langsung dengan pembacaan tinggi oleh alat, kompas berguna dalam orientasi umum titik-titik pengukuran terhadap arah utara. Hal ini berguna ketika pengukuran dilanjutkan ke tahap pemetaan atau penyusunan sketsa lapangan. Jenis kompas yang digunakan bisa berupa kompas bidik (prismatik) atau kompas silva, tergantung kebutuhan dan tingkat akurasi yang diinginkan.



Gambar 22. Kompas analog dan digital

6. Alat Pelindung Diri (APD)

Dalam kegiatan pengukuran di lapangan, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) sangat penting untuk menjaga keselamatan dan kenyamanan kerja. APD seperti helm dan rompi reflektor berfungsi melindungi petugas dari risiko kecelakaan, seperti benturan kepala, terpeleset, atau tidak terlihat oleh kendaraan dan alat berat di lokasi kerja. Selain itu, APD juga menunjukkan sikap profesional dan kesiapan dalam bekerja sesuai standar keselamatan. Dengan mengenakan APD secara lengkap, kegiatan pengukuran dapat dilakukan dengan lebih aman dan efisien.



Gambar 23. Alat pelindung diri

7. Payung



Gambar 24. Payung

Payung atau pelindung cuaca digunakan untuk melindungi alat dan operator dari kondisi cuaca ekstrem, seperti hujan atau panas terik.

Meskipun Leica Sprinter 150M sudah memiliki perlindungan terhadap debu dan percikan air (dengan rating IP55), penggunaan payung tetap disarankan untuk menjaga keawetan alat dan kenyamanan kerja di lapangan. Payung juga membantu mengurangi silau layar saat pembacaan data dilakukan di bawah sinar matahari langsung.

8. Alat Tulis



Gambar 25. Alat tulis di lapangan

Alat tulis dan buku catatan tetap menjadi bagian penting meskipun alat sudah memiliki penyimpanan data digital. Alat tulis digunakan untuk mencatat informasi tambahan seperti nama titik, kondisi medan, nomor rambu, serta membuat sketsa lokasi. Disarankan menggunakan pensil mekanik atau pulpen tahan air, dan jika memungkinkan, buku catatan lapangan yang tahan terhadap air atau sobek. Catatan manual ini menjadi data cadangan yang berguna apabila terjadi kesalahan teknis pada alat.

G. Prinsip Kerja Leica Sprinter 150M

1. Pengukuran Beda Tinggi Titik

Pengukuran beda tinggi merupakan pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui selisih elevasi antara satu titik dengan titik lainnya atau mengetahui berapa lebih tinggi/rendah satu titik dibanding titik lain, berikut langkah-langkahnya:

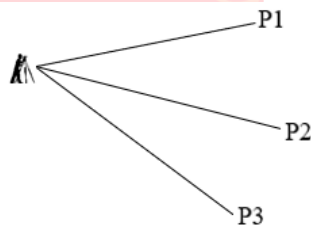
a) Alat dan perlengkapan:

- 1) Leica Sprinter 150 M
- 2) Statif
- 3) Bak ukur
- 4) Pita ukur
- 5) Pen Ukur
- 6) Payung

b) Langkah Kerja

1) Manual

- (a) Siapkan alat dan perlengkapan yang dibutuhkan
- (b) Tinjau lokasi pengukuran titik mana yang akan diukur, dimana peletakan alat yang strategis dan buat sketsa gambarnya.



- (c) Lalu pasang pen ukur dititik titik yang ingin diukur
- (d) Berdirikan statif di tempat yang telah direncanakan dengan membuka kaki-kakinya dengan proposional,

tidak terlalu lebar dan tidak terlalu rapat. Dengan memperkirakan kepala statif rata.



Gambar 26. Statif dalam keadaan stabil

- (e) Pasang alat leica sprinter 150M diatas statif dengan mempertimbangkan unting unting pas di atas penukur. Setelah itu, kencangkan sekrup pengunci lalu hidupkan alat dengan menekan tombol ON
- (f) Lakukan penyetelan nivo (gelembung) dengan memutar sekrup pendatar hingga gelembung berada di tengah, jika masih jauh maka atur ulang tinggi kaki-kaki statif.



Gambar 27. Nivo kotak berada ditengah (seimbang)

- (g) Ukur tinggi alat jika pengukuran dilakukan dengan koordinat lokal dan tinggi alat tidak perlu diukur untuk pengukuran dengan koordinat global,

- (h) Setelah itu, Tegakkan rambu barcode di atas titik target dan arahkan teleskop ke rambu, fokuskan hingga pembacaan barcode terlihat jelas menggunakan mikrometer.
- (i) Tekan tombol “Measure” untuk membaca tinggi rambu, alat akan menampilkan hasil pembacaan tinggi dan jarak di display.



Gambar 28. Tombol measure dan hasil pengukuran

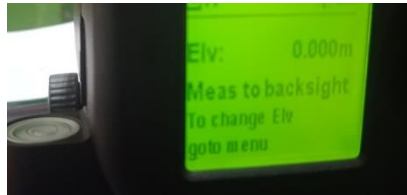
- (j) Catat hasil pembacaan dan pindahkan rambu ke titik kedua dan ulangi proses pembacaan.
 - (k) Dan setelah data didapatkan lakukan analisis data untuk mendapatkan hasil beda tinggi titik yang telah di ukur.
- 2) Otomatis
- (a) Setelah alat siap dan rata, tekan tombol Delta Height, lalu tekan “ENTER”. “MENU”.



Gambar 29. Tombol kontrol pada Leica Sprinter 150M

- (b) Alat akan meminta bacaan pertama titik referensi/(BM), jika ada masukkan tinggi BM

terlebih dahulu namun jika pengukuran yang dilakukan menggunakan koordinat lokal maka cukup masukkan rekayasa tinggi yang diinginkan. Lalu tegakkan rambu pada BM dan tekan “READ”.



Gambar 30. Alat meminta pembacaan BM

- (c) Alat akan menyimpan bacaan pertama sebagai referensi.
- (d) Pindahkan rambu ke titik selanjutnya, lalu tekan “READ” lagi. Alat akan langsung menampilkan beda tinggi (ΔH).
- (e) Jika perlu mengukur titik lain, cukup ulangi proses pembacaan rambu. Hasilnya bisa langsung dibaca atau disimpan dalam memori.
- (f) Setelah selesai, tekan “ESC” untuk keluar dari program.

3) Tabel Data

No	Tempat alat	Tinggi alat	Titik Target	Jarak	Tinggi	Beda tinggi

4) Pengolahan Data

(a) Manual

- Beda Tinggi (Δt)

$$\Delta t = \text{Elevasi P2} - \text{Elevasi BM/referensi}$$

$$\Delta t = \text{Bacaan benang P1/BM} - \text{Bacaan benang P2}$$

(jika tidak terjadi perpindahan alat)

Maka jika hasilnya negative (-) maka titik P2 lebih rendah dari titik referensi dan jika (+) maka titik P2 lebih tinggi dari titik P1/referensi.

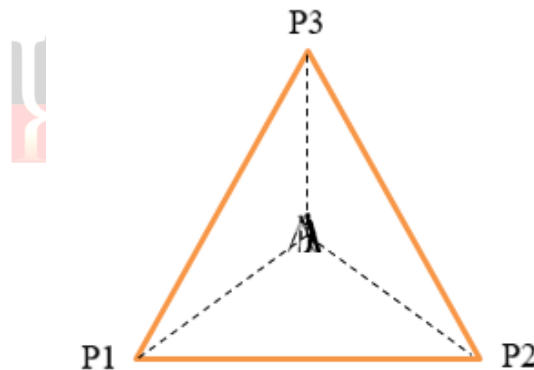
- Elevasi titik baru (P2)

$$P2 = \text{Tinggi alat (TA)} - \text{Bacaan tinggi titik}$$

- Tinggi alat (TA)

$$TA = \text{BM} + \text{Pembacaan tinggi titik BM}$$

2. Pengukuran Luas dan Kubikasi daerah menggunakan sistem polar



Gambar 31. Sketsa pengukuran Sistem Polar

a. Alat dan perlengkapan:

- 1) Leica Sprinter 150 M

- 2) Statif
- 3) Bak ukur
- 4) Pita ukur
- 5) Kompas
- 6) Pen ukur
- 7) Alat tulis

b. Langkah Kerja

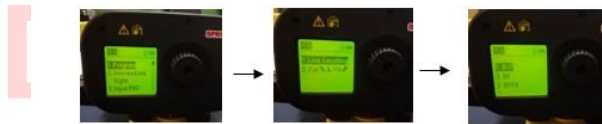
- 1) Siapkan semua alat dan perlengkapan yang diperlukan serta pastikan dengan teliti kondisi alat dalam keadaan baik.
- 2) Tinjau daerah pengukuran dan batas batas pengukuran kemudian rencanakan dan buat sketsa gambar.
- 3) Pasang pen ukur atau patok sesuai dengan titik rencana
- 4) Berdirikan statif dan setel leica sprinter 150M dimana terlihat semua titik yang telah direncanakan dari titik berdiri alat agar tidak perlu memindahkan alat dan mengurangi kesalahan data pada pengukuran.
- 5) Setelah dipastikan bahwa alat telah sentering dengan nivo kotak berada ditengah, selanjutnya gunakan kompas untuk menentukan arah utara dan arahkan alat kearah utara lalu di nol set kan.
- 6) Selanjutnya alat bisa dihidupkan dengan menekan tombol power dan mulai mengimput nama titik dan elevasi BM/tinggi referensi sebagai tinggi acuan awal.



Gambar 32. Pengisian data awal sebelum pengukuran

- 7) Pada alat leica sprinter 150M pengukuran dengan sistem polar bisa dilakukan langsung dan bisa menggunakan program BIF, tidak beda jauh dalam penggunaannya hanya berbeda pada perhitungan beda tingginya saja, jika menggunakan program beda tinggi langsung otomatis dihitung oleh alat namun pada pengukuran langsung harus dihitung manual sama seperti leveling biasa.
- 8) Baiklah pada program BIF Langkah pertama yaitu:

MENU → Program → Line Leveling → BIF → BM → Intermediate ke ...
→ Foresight



Gambar 33. Tahapan pemilihan program BIF

- 9) Mulai pengukuran dengan mengarahkan alat ke bak ukur yang berada pada BM/P1/titik referensi dan tekan tombol merah/measure, lalu simpan ke memory pembacaan alat lalu catat sudut beda tinggi dan elevasi titik.
- 10) Setelah itu tukar nama titik dan aktifkan intermediate sight dengan menekan tombol heigh/distance atau bisa melalui MENU, lalu arahkan alat pada titik P2 tekan tombol merah/measure, simpan data dan catat

sudut, beda tinggi dan elevasi titik. Jika pada keadaan titik lebih dari 3 sehingga intermediate sight nya lebih dari satu titik maka jangan nonaktifkan dulu mode intermediate sight dan lanjut mengukur titik lain. Namun dalam keadaan seperti diatas maka setelah P2, matikan mode intermediate sight dengan menekan tombol heigh/distance atau menekan tombol MENU.



Gambar 34. Menghidupkan/mematikan fitur intermediate sight

- 11) Setelah masuk mode foresight maka arahkan alat pada P3 dan tekan tombol merah/measure lalu kembali catat sudut, beda tinggi, dan elevasi titik.
- 12) Kemudian cek sudut dalam titik, dikarenakan terdapat 3 titik maka total sudut yang harus didapat adalah 180° . Setelah terkontrol maka lanjutkan ke analisis data.

c. Tabel Data

No	Tempat alat	Tinggi alat	Titik	Jarak	Bacaan tinggi	Elevasi	Bacaan Sudut	Beda Tinggi

d. Analisis Data

- Tinggi Alat (TA)
 $TA = BM + \text{Pembacaan barcode titik BM}$
- Elevasi titik baru (P2)
 $P2 = \text{Tinggi alat (TA)} - \text{Bacaan tinggi titik}$
- Beda Tinggi (Δh)
 $\Delta h = \text{Elevasi P2} - \text{Elevasi BM/referensi}$
 $\Delta h = \text{Bacaan benang P1/BM} - \text{Bacaan benang P2 (jika tidak terjadi perpindahan alat)}$
- Sudut dalam (θ)
 $\theta = \text{Sudut sesudah} - \text{sudut sebelum}$
- Azimuth (α)
 Sudut dari utara ke titik P1
- Luas Δ
 $L = \frac{1}{2} \times d1 \times d2 \times \sin \alpha$
 $L = \text{Luas (m}^2\text{)}$
 $d1 = \text{jarak 1 (m)}$
 $d2 = \text{Jarak 2 (m)}$
- Tinggi rata rata (h)
 $h = \frac{\Sigma(\text{Tinggi titik rencana} - \text{Elevasi titik})}{\text{Banyak titik}}$
- Volume (V)
 $V = \Sigma \text{luas} \times h$

3. Pengukuran Luas dan Kubikasi Daerah Teratur dengan Sistem Keliling

- a. Alat dan perlengkapan
 - 1) Leica Sprinter 150 M

- 2) Statif
- 3) Bak ukur
- 4) Pita ukur
- 5) Kompas
- 6) Pen ukur
- 7) Alat tulis

b. Langkah Kerja

- 1) Siapkan semua alat dan perlengkapan yang diperlukan serta periksa dengan teliti.
- 2) Tinjau daerah pengukuran kemudian tentukan rencana pengukuran dan buat sketsa gambar.



- 3) Pasang pen ukur atau patok sesuai dengan titik rencana
- 4) Berdirikan dan setel leica sprinter 150M di titik P1, pastikan unting unting berada pas diatas patok dan ukur tinggi alat untuk mendapatkan elevasi titik tempat alat berdiri.
- 5) Setelah dipastikan bahwa alat telah sentering dengan nivo kotak berada ditengah, gunakan kompas untuk menentukan arah utara dan arahkan alat kearah utara lalu dinol set kan.
- 6) Selanjutnya alat bisa dihidupkan dengan menekan tombol power dan mulai mengimput nama titik dan

elevasi BM/tinggi referensi yang merupakan elevasi P4.



Gambar 35. Pengisian data awal sebelum pengukuran

- 7) Lalu karena menggunakan sistem keliling jadi program yang cocok adalah BF karena pada pengukuran ini terdapat 1 titik sebagai backsight dan 1 titik foresight yang akan mejadi backside saat alat dipindahkan.



Gambar 36. Tahapan pemilihan program BF

- 8) Selanjutnya mulai pengukuran dengan mengarahkan alat ke bak ukur yang berada pada P4 yang merupakan backsight dan tekan tombol merah/measure, setelah hasilnya keluar tekan menu dan pilih recording untuk menyimpan data dan catat serta tandai dengan baik agar datanya tidak kacau. Mulai dari bacaan tinggi rambu, jarak, sudut, dan elevasi titik. Lalu putar alat ke arah P2, tekan measure dan catat kembali sudut, bacaan rambu, jarak dan elevasi titik.
- 9) Untuk titik referensi menggunakan titik BM maka tinggi elevasi titik yang didapat adalah absolut namun untuk yang titik referensi bukan merupakan BM, maka ketinggian yang didapat di alat merupakan hasil

rekayasa sesuai titik referensi yang telah diinputkan namun beda tinggi yang didapatkan akan benar.

- 10) Cara kerja alat leica sprinter ini adalah harus memiliki titik awal atau backsigh sebagai titik referensi karena alat akan otomatis mengukur ketinggian titik-titik lain berdasarkan data yang didapatkan. jika 0 diinputkan sebagai titik BS maka pembacaan elevasi pada titik berikutnya merupakan beda tinggi titik yang diukur dengan titik referensi dan begitu seterusnya akan otomatis digunakan sebagai parameter untuk mengukur ketinggian titik baru. namun disarankan tidak menginputkan 0 sebagai titik BM untuk mengurangi kekeliruan.
- 11) Setelah itu tekan enter dan matikan alat dan pindah tempat alat ke P2, sentering alat, pastikan unting unting pas diatas patok dan ukur tinggi alat (opsional karena elevasi titik P2 telah didapatkan saat alat berada pada P1).
- 12) Masuk ke program BF kembali dan inputkan titik bm yang merupakan tinggi elevasi titik P1 yang didapatkan dari mengurangi ketinggian alat (TA) dengan tinggi alat yang diukur dengan pita ukur. Setelah itu, bidik ke P1 sebagai backsight dan nol kan sudut pada P1 terlebih dahulu lalu tekan tombol measure dan catat jarak, sudut, bacaan barcode. Kemudian tekan tombol enter dan putar alat ke arah P3, lakukan pembacaan

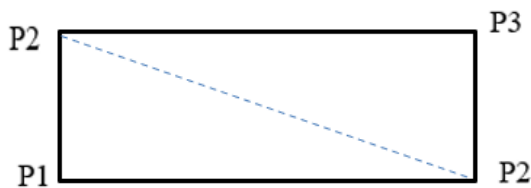
barcode, lalu catat sudut, bacaan barcode, jarak dan elevasi titik.

- 13) Lakukan hal yang sama untuk seterusnya pindah ke P3 dan sentring alat, masukkan data elevasi titik P2, bidik P2 & P4, catat, dan simpan.
- 14) lalu pindah alat ke P4 berdirikan, input, bidik ke P3 & P1, catat, dan simpan
- 15) Jika ingin data tersimpan jangan lupa lakukan recording setiap setelah data pengukuran ditampilkan di display.
- 16) Setelah data terkumpul lakukan pengecekan sudut apakah sudah pas 360 derajat, jika sudah matikan dan lepaskan alat serta rapikan kembali lanjut analisis data yang telah didapatkan.

c. Tabel Data

No	Tempat alat	Tinggi alat	Titik Target	Jarak	Bacaan tinggi	Elevasi	Bacaan Sudut

d. Analisis Data



- Ketinggian Alat (TA)
TA = BM + Pembacaan barcode titik BM
- Beda Tinggi (Δh)
 $\Delta h = \text{Elevasi titik 1} - \text{Elevasi titik 2}$
- Sudut dalam (α)
 $\alpha = \text{Sudut sesudah} - \text{sudut sebelum}$
- Luas Δ

$$L = \frac{1}{2} \times d1 \times d2 \times \sin \alpha$$

$$L = \text{Luas (m}^2\text{)}$$

$$d1 = \text{jarak 1 (m)}$$

$$d2 = \text{Jarak 2 (m)}$$
- Luas Area
 $\Sigma L = \text{Luas } \Delta 1 + \text{Luas } \Delta 2$
- Tinggi rata rata ($\overline{\Delta h}$)

$$\overline{\Delta h} = \frac{\Sigma(\text{Tinggi titik rencana} - \text{tinggi titik masing masing})}{\text{Banyak titik}}$$
- Volume (V)
$$V = \Sigma \text{luas} \times \overline{\Delta h}$$

4. Perhitungan Galian dan Timbunan Profil

Pengukuran galian dan timbunan adalah pengukuran yang bertujuan untuk membandingkan elevasi tanah asli (eksisting) dengan elevasi rencana (desain) dalam suatu perencanaan bangunan konstruksi dan menghitung kebutuhan volume pekerjaan tanah. Suatu titik perlu digali (cut) jika elevasi tanah lebih tinggi dari rencana, sedangkan jika lebih rendah maka dilakukan timbunan (fill).

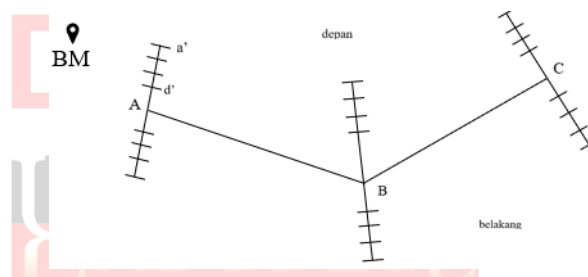
a. Alat dan Perlengkapan

- 1) Leica Sprinter 150 M

- 2) Statif
- 3) Bak ukur
- 4) Pita ukur
- 5) Kompas
- 6) Pen ukur
- 7) Alat tulis

b. Langkah Kerja

- 1) Siapkan semua alat dan perlengkapan yang diperlukan serta periksa dengan teliti bahwa alat dalam keadaan baik.
- 2) Sebelum memulai pengukuran siapkan minimal 1 data backmark/titik acuan yang menjadi pondasi alat mengukur galian dan timbunan nantinya.
- 3) Tinjau daerah pengukuran, kemudian rencanakan pengukuran dan buat sketsa gambar.



Gambar 37. Sketsa pengukuran galian dan timbunan

- 4) Pasang pen ukur atau patok sesuai dengan titik rencana
- 5) Berdirikan dan setel leica sprinter 150M dititik B, pastikan unting unting berada pas diatas patok, alat dalam keadaan seimbang dengan tanda nivo kotak sudah ditengah, ukur tinggi alat dengan pita ukur dan nol setkan alat kearah utara menggunakan kompas.

- 6) Selanjutnya inputkan nama titik, titik BM, aktifkan program cut & fill dan inputkan elevasi desain pada alat.
- 7) Setelah itu, berdirikan dan bidik barcode ukur pada titik BM. Alat akan meminta titik berikutnya maka dari itu mulai pengukuran dari arah depan dengan membidik masing masing profil satu demi satu. Bebas dari a' atau dari d' terlebih dahulu asal penulisan data jelas dan tidak tertukar. Catat sudut, elevasi, baca barcode ukur, dan nilai cut atau fill yang telah otomatis dihitung oleh leica sprinter 150M ini. Nah karena masih ada data yang belum didapatkan yaitu jarak alat ke titik yang diukur maka tekan tombol height/distance pada alat dan tekan tombol measure, maka data pembacaan barcode dan jarak titik akan ditampilkan pada monitor alat.
- 8) Jika sudah lengkap tekan enter dan lanjut pada titik berikutnya hingga profil bagian depan sudah diukur semua. Setelah itu putar alat 180° searah jarum jam dan mulai pengukuran dengan membidik masing masing titik.
- 9) Catat dan simpan data yang didapatkan pada sistem leica sprinter 150M
- 10) Lalu setelah selesai pada potongan melintang titik B maka arahkan alat kearah titik A dan berdirikan dan bidik barcode ukur.
- 11) Catat data sudut, elevasi titik, bacaan barcode, dan nilai cut/fill pada monitor alat serta tekan height/distance untuk mendapatkan jarak antara 2 titik.

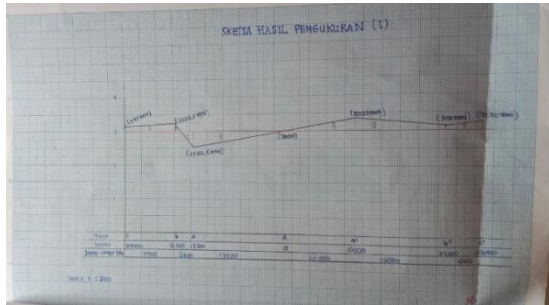
- 12) Lalu lakukan hal sama pada titik C, setelah itu kontrol sudut di titik B karna sudut harus pas 360° . Jika sudah kontrol maka alat bisa dimatikan dan pindahkan ke titik A
- 13) Berdirikan Statif dan sentering alat di titik A dengan nolkan alat ke arah titik B dengan menempatkan barcode ukur disana namun hanya diluruskan bukan diukur.
- 14) Masukkan titik BM yaitu elevasi tinggi titik B yang didapat dari ketinggian alat dikurangi dengan tinggi alat yang diukur dengan pita ukur.
- 15) Aktifkan program cut & fill kembali, lalu bidik barcode ukur yang terletak di titik B sebagai titik referensi.
- 16) Putar alat 90° searah jarum jam dan mulai melakukan pengukuran profil dengan mengukur masing masing titik dan mencatat sudut, elevasi titik, bacaan rambu, nilai cutt/fill titik dan jarak yang didapat dengan menekan tombol height/distance.
- 17) Selesai dengan bagian belakang titik A putar lagi 90° searah jarum jam.
- 18) Bidik dan ukur semua profil yang ada pada bagian depan titik A.
- 19) Kemudian matikan alat dan pindahkan ke titik C
- 20) Lakukan langkah m hingga r hingga mendapatkan data semua profil pada setiap potongan melintang dan memanjang Kawasan.
- 21) Setelah semuanya selesai lakukan analisis data dengan seksama.
- 22) Gambarkan hasil perpotongan

c. Tabel Data

No	Tempat alat	Tinggi alat	Titik Target	Jarak	Bacaan barcode	Elevasi	Bacaan Sudut	Cut & Fill

d. Analisis Data

- Ketinggian Alat (TA)
 $TA = BM + \text{Pembacaan barcode titik BM}$
- Elevasi titik B
 $B = TA - \text{tinggi alat dari permukaan tanah hingga lensa pengukuran}$
- Sudut dalam (α)
 $\alpha = \text{Sudut sesudah} - \text{sudut sebelum}$
- Cut and fill
 $\text{Elevasi Desain} - \text{Elevasi Existing}$
- Luas Galian/timbunan
Setelah pembuatan gambar manual atau lebih baik menggunakan software autocad/civil 3d maka didapatkan bentuk profil setiap potongan seperti gambar dibawah.



Gambar 38. Profil galian dan timbunan potongan melintang
 Dengan data yang dibutuhkan yaitu jarak antar titik, elevasi titik tinggi elevasi desain. Hitung 1 per satu.

Tapi kan kita menggunakan program cut & fill?

Nah, jadi walaupun kita menggunakan program cut & fill. Namun, data yang didapatkan bukan luas area namun perbedaan tinggi elevasi titik dengan elevasi desain saya yang mengharuskan pengolahan data luas harus dilakukan manual atau pun dengan bantuan software seperti autocad maupun civil 3D.

Lalu untuk apa program cut & fill?

Penggunaan program cut & fill berguna pada saat kontrol lapangan atau stake out yang mengharuskan info cepat beda tinggi titik dengan titik rencana apakah titik ini perlu dipotong/ditimbun berapa cm.

- Luas Galian (luas profil diatas elevasi desain)

Lakukan potongan-potongan kecil sehingga setiap area galian membentuk bangun datar yang luasnya bisa diperhitungkan

$$1) \text{ Luas persegi} = \text{Beda tinggi terhadap elevasi rencana} \times \text{jarak titik}$$

$$2) \text{ Luas segitiga} = (\text{Beda tinggi terhadap elevasi desain} \times \text{jarak titik})/2$$

$$3) \text{ Luas Trapesium} = (\text{Beda tinggi terhadap elevasi desain 1} + \text{Beda tinggi terhadap elevasi desain 2}) \times \text{jarak titik}/2$$

- Luas Timbunan (luas profil dibawah elevasi desain)

Lakukan potongan-potongan kecil sehingga setiap area timbunan membentuk bangun datar yang luasnya bisa diperhitungkan

$$1) \text{ Luas persegi} = \text{Beda tinggi terhadap elevasi rencana} \times \text{jarak titik}$$

$$2) \text{ Luas segitiga} = (\text{Beda tinggi terhadap elevasi desain} \times \text{jarak titik})/2$$

$$3) \text{ Luas Trapesium} = (\text{Beda tinggi terhadap elevasi desain 1} + \text{Beda tinggi terhadap elevasi desain 2}) \times \text{jarak titik}/2$$

- Σ Luas galian/timbunan

$$\Sigma LG \text{ profil A} = \Sigma(\text{nilai galian pada profil A})$$

$$\Sigma LT \text{ profil A} = \Sigma(\text{nilai timbunan pada profil A})$$

- Volume Galian/timbunan

Nilai yang mewakili massa galian/timbunan pada area yang diukur, pada pengukuran galian dan timbunan semakin

rapat jarak pemotongan wilayah dilakukan maka akan semakin real data yang didapatkan. untuk mendapatkan perhitungan volume itu terdapat 2 cara yaitu:

- 1) Metode Sigma Luas (menghitung kontribusi perpotongan terhadap volume yang didapatkan)
 - a) $VG \text{ Profil A} = \Sigma LG \text{ profil A} \times \frac{1}{2} \text{ jarak titik A ke B}$
 - b) $VG \text{ Profil B} = \Sigma LG \text{ profil B} \times (\frac{1}{2} \text{ jarak titik A ke B} + \frac{1}{2} \text{ jarak titik B ke C})$
 - c) $VG \text{ Profil C} = \Sigma LG \text{ profil C} \times \frac{1}{2} \text{ jarak titik B ke C}$
- 2) Metode Segmen (Langsung menghitung volume antar potongan dan merupakan induk dari rumus sigma luas)
 - a) $VG \text{ segmen 1} = (\Sigma LG \text{ profil A} + \Sigma LG \text{ profil B}) \times \text{jarak titik A ke B} / 2$
 - b) $VG \text{ segmen 2} = (\Sigma LG \text{ profil B} + \Sigma LG \text{ profil C}) \times \text{jarak titik B ke C} / 2$

5. Pengukuran Kontur

- a. Alat dan Perlengkapan
 - 1) Leica Sprinter 150 M
 - 2) Statif
 - 3) Bak ukur
 - 4) Pita ukur
 - 5) Kompas
 - 6) Pen ukur
 - 7) Alat tulis

b. Langkah Kerja

- 1) Siapkan semua alat dan perlengkapan yang diperlukan serta periksa dengan teliti dalam keadaan baik.
- 2) Sebelum memulai pengukuran menggunakan leica sprinter siapkan data BM/titik acuan minimal 1 untuk mendapatkan data yang absolut.
- 3) Tinjau daerah pengukuran kemudian tentukan rencana pengukuran dan buat sketsa gambar
- 4) Pasang pen ukur atau patok sesuai dengan titik rencana
- 5) Berdirikan dan setel leica sprinter 150M, dengan pertimbangan semua titik kontur dapat dijangkau oleh alat. Dikarenakan sifat dari leica sprinter ini masih dalam kelompok sipat datar. Jadi, jika dalam pengukuran kontur ada yang terhalang atau terlalu tinggi tidak akan bisa dibaca oleh alat
- 6) Setelah dipastikan bahwa alat telah sentring dengan nivo kotak berada ditengah, selanjutnya gunakan kompas untuk menentukan arah utara dan arahkan alat kearah utara lalu di nol set kan.
- 7) Selanjutnya alat bisa dihidupkan dengan menekan tombol power dan mulai mengimput nama titik dan elevasi BM/tinggi referensi.



Gambar 39. Pengisian data awal sebelum pengukuran

- 8) Lalu karena akan mengukur kontur dengan sistem polar jadi program yang cocok adalah BIF karena pada pengukuran ini terdapat banyak titik yang berantai



Gambar 40. Tahapan pemilihan program BIF

- 9) Selanjutnya mulai pengukuran dengan mengarahkan alat ke barcode ukur yang berada pada BM/titik referensi dan tekan tombol merah/measure.
- 10) Setelah hasil telah tertera pada monitor alat, catat sudut, jarak titik, elevasi dan pembacaan barcode ukur.
- 11) Selanjutnya aktifkan intermediate sight dengan menekan tombol height/distance dan lanjut mengukur titik kontur yang berada pada wilayah yang sedang diukur.
- 12) Setiap titik yang diukur wajin dicatat sudut, elevasi titik, bacaan barcode dan jarak yang ada pada monitor leica sprinter 150M
- 13) Untuk titik referensi menggunakan titik BM maka tinggi elevasi titik yang didapat adalah absolut namun untuk yang titik referensi bukan merupakan BM, maka ketinggian yg didapat dialat merupakan hasil rekayasa sesuai titik referensi yang telah diinputkan namun beda tinggi yang didapatkan akan benar.
- 14) Cara kerja alat leica sprinter ini adalah harus memiliki titik awal atau backsigh sebagai titik referensi karena

alat akan otomatis mengukur ketinggian titik-titik lain berdasarkan data yang didapatkan. jika 0 diinputkan sebagai titik BS maka pembacaan elevasi pada titik berikutnya merupakan beda tinggi titik yang diukur dengan titik referensi dan begitu seterusnya akan otomatis digunakan sebagai parameter untuk mengukur ketinggian titik baru.

- 15) Lakukan hal yang sama pada titik berikutnya hingga kontur pada wilayah sudah diukur semuanya.
- 16) Maka matikan mode intermediate sight dengan menekan tombol height/distance kembali dan putar alat ke titik terakhir yaitu foresight, berdirikan dan bidik barcode ukur dan catat sudut, elevasi titik, jarak titik dan bacaan barcode.
- 17) Titik foresight akan menjadi backsight untuk titik berikutnya jika dilakukan perpindahan alat untuk mendapatkan kontur wilayah yang tidak bisa diukur dari titik awal
- 18) Jika ingin data tersimpan lakukan recording setiap setelah data pengukuran ditampilkan di display.
- 19) Setelah data terkumpul matikan dan lepaskan alat serta rapikan kembali lanjut analisis data yang telah didapatkan.

c. Tabel Data

No	Tempat alat	Tinggi alat	Titik Target	Jarak	Bacaan tinggi	Elevasi	Bacaan Sudut

d. Analisis Data

- Tinggi Alat (TA)

$$TA = BM + \text{Pembacaan barcode titik BM}$$

- Elevasi titik baru (P2)

$$P2 = \text{Tinggi alat (TA)} - \text{Bacaan tinggi titik}$$

- Beda Tinggi (Δh)

$$\Delta h = \text{Elevasi P2} - \text{Elevasi BM/referensi}$$

$$\Delta h = \text{Bacaan benang P1/BM} - \text{Bacaan benang P2 (jika tidak terjadi perpindahan alat)}$$

- Sudut dalam (θ)

$$\theta = \text{Sudut sesudah} - \text{sudut sebelum}$$

- Azimuth (α)

$$\text{Sudut dari utara ke titik P1}$$

- Koordinat X

- Koordinat Y

- Koordinat Z

H. Evaluasi

Contoh Soal

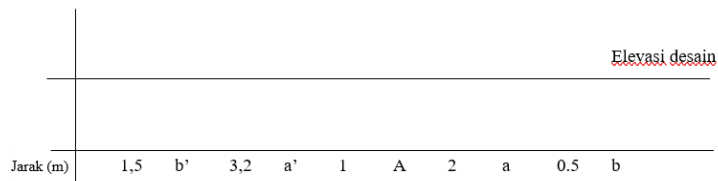
- 1) Sebuah pengukuran menggunakan Leica Sprinter 150M dimulai dari titik Benchmark (BM) dengan elevasi 100 m. Bacaan rambu pada BM (sebagai backsight) adalah 1.255 m. Kemudian dilakukan pengukuran pada titik A, B dan C dengan bacaan rambu 1.485 m, 1.67 m dan 1.885 m secara berurutan.

Pertanyaan:

- a) Di ketinggian berapakah alat terletak?
 - b) Berapa elevasi titik A, B dan C
- 2) Pengukuran dilakukan pada tiga titik: BM, A, dan B.
- Elevasi BM = 100.000 m
 - Bacaan BS pada BM = 1.300 m
 - Bacaan FS pada titik A = 1.460 m
 - Bacaan BS pada titik A (saat alat pindah) = 1.280 m
 - Bacaan FS pada titik B = 1.350 m

Pertanyaan:

- a) Hitung HI pada pengukuran pertama?
 - b) Hitung elevasi titik A.
 - c) Hitung HI kedua setelah alat dipindah.
 - d) Hitung elevasi titik B.
- 3) Seorang siswa sedang melakukan pengukuran galian dan timbunan pada sebuah jalan, didapatkan lah data sebagai berikut:



Dengan elevasi masing masing titik yaitu:

$$b' = 3.2 \text{ m}$$

$$a' = 3.5 \text{ m}$$

$$A = 2 \text{ m}$$

$$a = 2.1 \text{ m}$$

$$b = 2.4 \text{ m}$$

Dengan elevasi rencana 3m Hitung dan gambarkan lah berapa luas galian dan timbunan dari profil diatas?

I. Penutup

Kesimpulan

Leica Sprinter 150M adalah alat digital level yang menggunakan prinsip pengukuran beda tinggi antar titik dengan teknologi barcode pada staff pengukur untuk otomatisasi pembacaan tinggi dan jarak. Alat ini bekerja dengan mengukur backsight (B) pada titik acuan (benchmark), lalu foresight (F) pada titik-titik target, dan secara otomatis menghitung tinggi delta (beda ketinggian) yang langsung ditampilkan di layar. Prinsip optik alat ini memastikan garis bidik mendatar untuk membentuk bidang horizontal, sehingga ketinggian titik diukur akurat. Pengukuran dilakukan dengan fokus, hanya perlu menekan satu tombol untuk mendapatkan hasil, tanpa pembacaan optik manual, yang meminimalisir kesalahan.

Kelebihan:

- Mudah digunakan, hanya dengan satu tombol untuk pengukuran.
- Akurasi tinggi dengan kompensator magnetik dan pembacaan barcode.
- Memori besar untuk menyimpan hingga 1000 titik data.
- Data dapat diunduh ke komputer untuk analisis lebih lanjut.
- Memiliki berbagai mode pengukuran seperti delta height, line leveling, cut & fill, tracking & monitoring.
- Tahan kondisi lingkungan dengan standar IP55.

Kekurangan terhadap Medan:

- Alat ini memerlukan garis bidik horizontal yang tidak terhalang, sehingga medan yang berat dengan banyak halangan (pohon, bangunan, atau medan berbukit sangat curam) bisa mengganggu jalur pengukuran.
- Tidak dapat mengukur koordinat horizontal (X,Y) secara langsung, hanya beda tinggi (elevasi).
- Untuk pengukuran pada medan dengan banyak interferensi atau jarak tembak yang panjang, refleksi dan hambatan visual dapat mempengaruhi akurasi pembacaan barcode.
- Tidak ideal untuk medan yang sangat tidak rata tanpa banyak titik acuan, karena pengukuran membutuhkan posisi stabil pada tripod.

Secara keseluruhan, Leica Sprinter 150M sangat efektif dan efisien untuk pengukuran beda tinggi di medan terbuka dengan visibilitas jelas, cocok untuk konstruksi, lanskap, teknis sipil, namun perlu pertimbangan khusus apabila medan berat dan banyak halangan.



BAB 3

Theodolite Digital Topcon

A. Pendahuluan

1. Pengertian

Theodolite merupakan sebuah instrumen optik dan mekanik presisi yang fundamental dalam bidang survei dan pemetaan (geodesi). Fungsi utamanya adalah untuk mengukur sudut, baik secara horizontal (azimuth) maupun vertikal (elevasi), dengan ketelitian yang sangat tinggi. Tingkat akurasinya yang mampu mencapai satuan detik busur (arc seconds) membedakannya secara signifikan dari alat lain seperti waterpass. Waterpass atau penyipat datar hanya dirancang untuk mengukur kerataan suatu permukaan dalam sudut horizontal secara terbatas. Kemampuan theodolite dalam mengukur kedua sudut inilah yang memungkinkan surveyor untuk melakukan berbagai tugas kompleks, seperti menentukan koordinat suatu titik, menghitung ketinggian (elevasi) suatu tempat, serta memetakan kontur dan batas suatu wilayah dengan detail yang akurat.

Theodolit merupakan salah satu instrumen survei yang paling maju. Secara prinsip, alat ini berupa teleskop yang dipasang pada alas berbentuk cakram yang dapat berputar terhadap sumbu vertikal, sehingga sudut horizontal dapat diukur. Teleskopnya juga terpasang pada cakram kedua yang memungkinkan rotasi terhadap sumbu horizontal, sehingga sudut vertikal bisa dibaca. Kedua jenis sudut

tersebut dapat diukur dengan tingkat ketelitian yang sangat tinggi (Farrington, 1997).

Konstruksi dari instrumen theodolite ini dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

- a) Bagian Bawah, terdiri dari pelat dasar dengan tiga sekrup penyetel yang menyanggah suatu tabung sumbu dan pelat mendatar berbentuk lingkaran, yang mana pada tepi lingkaran ini dibuat pengunci limbus. Detail bagian bawah yaitu:
 - 1) Stat-if / Trifoot
 - 2) Tiga sekrup penyetel nivo kotak
 - 3) Sekrup repitisi
 - 4) Sekrup pengunci pesawat dengan statif

- b) Bagian tengah instrumen terdiri atas sebuah sumbu yang dimasukkan ke dalam tabung dan ditempatkan pada bagian dasar alat. Sumbu ini berfungsi sebagai sumbu tegak lurus utama (sumbu pertama). Di atas sumbu tersebut terdapat sebuah pelat berbentuk lingkaran dengan jari-jari tertentu pada bagian bawahnya. Pada dua sisi tepi lingkaran dipasang alat pembaca nonius.

Di atas pelat nonius ini diletakkan dua kaki penyangga yang menopang sumbu mendatar (sumbu kedua), serta sebuah nivo tabung yang digunakan untuk memastikan agar sumbu pertama benar-benar tegak lurus. Lingkaran skala terbuat dari

kaca, dengan garis pembagian skala serta angka yang digoreskan di permukaannya. Goresan tersebut sangat halus dan terlihat lebih tajam serta jelas dibandingkan hasil ukiran pada logam.

- c) Bagian atas theodolit terdiri dari sumbu kedua yang dipasang pada penyangga khusus. Pada sumbu ini terletak teropong yang dilengkapi dengan diafragma sehingga membentuk garis bidik. Selain itu, pada sumbu kedua juga dipasang sebuah piringan berbentuk lingkaran tegak yang berfungsi serupa dengan piringan lingkaran mendatar.

2. Fungsi dan Kegunaan

Theodolite merupakan alat ukur presisi tinggi yang digunakan dalam dunia survei dan pemetaan. Meskipun bentuknya terlihat kompleks, alat ini memiliki peran penting dalam pengukuran sudut dan posisi di lapangan, terutama dalam pekerjaan teknik sipil, konstruksi, dan penelitian geospasial. Fungsi- fungsi theodolite adalah sebagai berikut:

- a. Mengukur Sudut Horisontal

Fungsi paling dasar dari theodolite adalah mengukur sudut mendatar (horizontal angle) antara dua titik pandang. Misalnya, ketika kita berdiri di satu titik dan ingin mengetahui sudut antara dua bangunan atau dua patok di lapangan, theodolite memberikan angka yang sangat presisi. Hal ini sangat berguna dalam hal - hal berikut:

- 1) Menentukan arah bangunan

- 2) Membuat jaringan titik control
- 3) Menyusun batas tanah atau lahan

b. Mengukur Sudut Vertikal

Selain horizontal, theodolite juga mampu mengukur sudut tegak atau vertikal (vertical angle), yaitu sudut kemiringan suatu objek dari garis datar. Ini sering digunakan dalam:

- 1) Menentukan kemiringan lereng atau atap
- 2) Menghitung tinggi objek tanpa harus memanjat
- 3) Pengukuran elevasi pada medan yang tidak rata

c. Menentukan Titik Koordinat di Lapangan

Dengan bantuan sudut horizontal dan vertikal, serta jarak (yang dapat diperoleh melalui alat tambahan seperti pita ukur atau EDM), theodolite bisa digunakan untuk menghitung posisi titik-titik tertentu di lapangan secara presisi. Hal ini sangat penting dalam:

- 1) Pemetaan topografi
- 2) Pembuatan layout bangunan
- 3) Pengukuran geodetic

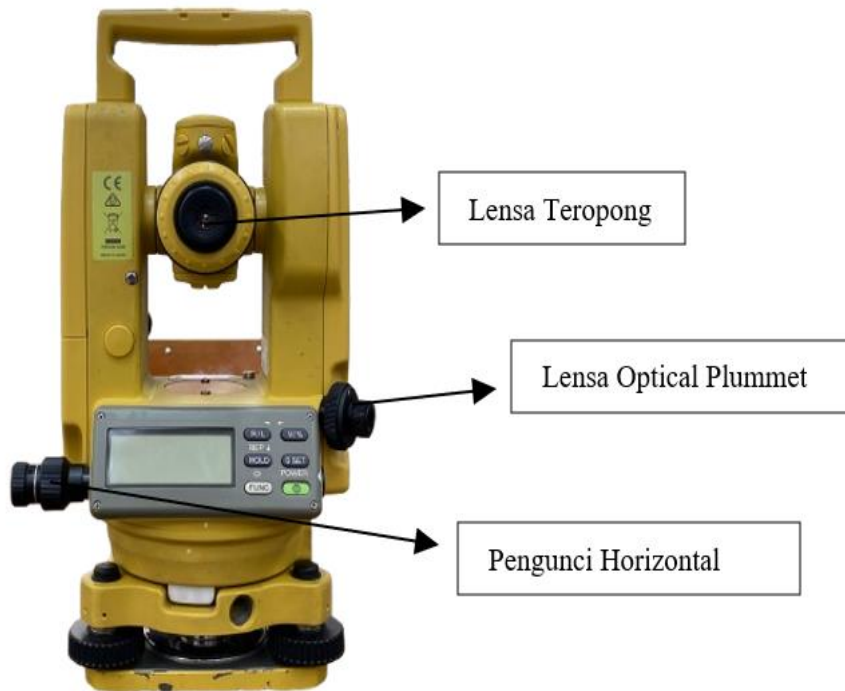
d. Transfer Titik dan Sudut ke Lapangan (Set Out)

Dalam dunia konstruksi, theodolite digunakan untuk memindahkan desain gambar teknis ke kondisi lapangan secara akurat. Misalnya:

- 1) Menentukan posisi pondasi bangunan

- 2) Menarik garis lurus atau sudut tertentu untuk pemasangan tiang atau dinding
- 3) Menandai batas jalan atau saluran

B. Komponen Theodolite Topcon DT200



(a)



(b)

Gambar 41. (a) dan (b) Komponen-Komponen Theodolite

Komponen-komponen Theodolite:

1. Lensa Teropong

Berfungsi untuk membidik dan memperbesar pandangan terhadap objek target yang akan diukur. Lensa ini terdiri dari lensa objektif dan okuler yang memungkinkan pengamat melihat rambu ukur atau titik sasaran dengan jelas, sehingga sudut horizontal dan vertikal dapat diukur dengan presisi tinggi.

2. Lensa Optical Plummet

Berfungsi untuk memposisikan sumbu vertikal alat tepat di atas titik ukur (titik tanah atau paku ukur) tanpa perlu menggantungkan unting-unting. Lensa ini memproyeksikan pandangan ke bawah secara optis untuk memusatkan posisi alat pada titik referensi di tanah.

3. Pengunci Horizontal (Horizontal Clamp)

Berfungsi untuk mengunci gerakan rotasi alat pada arah horizontal, agar alat tidak bergerak selama proses pembacaan sudut horizontal dilakukan. Dengan pengunci ini, pembacaan dapat dilakukan lebih stabil dan akurat.

4. Nivo Tabung (Tubular Level / Plate Level)

Berfungsi untuk menyetel kedataran alat secara halus pada dua arah tegak lurus (longitudinal dan transversal). Gelembung nivo harus berada di tengah sebelum pengukuran dilakukan untuk memastikan sumbu vertikal alat benar-benar tegak. Prinsip Pengukuran Teodolite Topcon DT200.

5. Nivo Kotak (Circular Level / Circular Bubble)

Berfungsi untuk menyetel kedataran awal alat dengan cara cepat. Biasanya digunakan sebelum penyetelan halus dengan nivo tabung. Gelembung nivo kotak harus berada di tengah sebelum melanjutkan penyetelan detail.

6. Pengunci Vertikal (Vertical Clamp)

Berfungsi untuk mengunci gerakan teropong pada bidang vertikal sehingga sudut elevasi dapat dibaca dengan stabil dan tidak berubah selama pengamatan.

7. Sekrup Pengunci Elevasi (Vertical Tangent Screw)

Berfungsi untuk penyetelan halus arah vertikal setelah pengunci vertikal dilepas sedikit. Dengan sekrup ini, posisi teropong dapat digerakkan perlahan untuk mendapatkan bidikan yang tepat pada target.

8. Tombol 0 Set

Berfungsi untuk mengatur ulang (reset) pembacaan sudut menjadi 0° pada posisi yang diinginkan. Tombol ini memudahkan pengukuran relatif dari titik awal pengamatan.

9. Tombol Hold

Berfungsi untuk menahan (membekukan) pembacaan sudut saat pengamatan sedang berlangsung, sehingga nilai tidak berubah walau alat sedikit bergeser. Ini membantu menjaga data tetap stabil sebelum dicatat.

10. Tombol V/%

Berfungsi untuk mengubah tampilan hasil pengukuran sudut vertikal menjadi bentuk persen kemiringan (slope %). Tekan tombol ini untuk berganti antara tampilan sudut vertikal ($^\circ$) dan kemiringan (%).

11. Tombol H/L

Berfungsi untuk menampilkan atau menyembunyikan nilai sudut horizontal (H) dan vertikal (V) secara bergantian pada layar. Biasanya digunakan untuk memilih mode tampilan pengukuran sudut yang diinginkan.

12. Tombol Func (Function)

Berfungsi untuk mengakses fungsi-fungsi tambahan alat, seperti pengaturan kompensator, mode tampilan, kalibrasi sudut, atau

pengaturan sistem pengukuran lainnya. Tombol ini berperan sebagai pintu utama ke menu konfigurasi internal theodolite.

C. Contoh Kasus

1. Pengukuran Sudut Datar, Letak Titik dan Koordinat

1) Reiterasi

Pengukuran sudut dengan cara reiterasi (juga disebut metode pengukuran sudut horizontal dengan reiterasi atau "repetition method") adalah suatu metode dalam pengukuran sudut horizontal di mana sudut diukur beberapa kali (biasanya 2 atau 3 kali) secara berulang dengan memutar teropong (alat) secara bolak-balik dari sisi kiri dan kanan (face left dan face right), kemudian hasil pengukuran diambil rata-ratanya.

Tujuan dan fungsi utama dari pengukuran dengan cara Reiterasi:

- a) Mengurangi kesalahan sistematik pada alat ukur seperti teodolit atau total station (karena kesalahan kolimasi dan kesalahan pemasangan alat).
- b) Meningkatkan ketelitian dalam pengukuran sudut, terutama pada pengukuran sudut-sudut besar seperti dalam jaringan poligon tertutup.
- c) Menghasilkan sudut yang presisi dengan cara meratakan hasil dari beberapa pengukuran.

Pengujian dengan cara reiterasi biasanya dilakukan pada situasi berikut:

a) Dalam Pengukuran Polygon tertutup

Pengukuran sudut dalam polygon memerlukan akurasi tinggi karena kesalahan kecil dapat memengaruhi posisi seluruh jaringan titik. Reiterasi digunakan untuk menentukan:

- (1). Sudut dalam polygon utama.
- (2). Sudut antara arah sumbu pengukuran.

b) Pengukuran untuk Proyek Infrastruktur Presisi Tinggi

Beberapa jenis pekerjaan sipil mensyaratkan pengukuran sudut presisi tinggi karena akan berpengaruh langsung pada pembangunan struktur besar.

c) Kalibrasi dan Pengujian Alat Survey (Teodolit/Total Station).

Sebelum alat digunakan untuk pekerjaan teknis, perlu dilakukan uji kolimasi dan pengujian error sumbu. Reiterasi membantu mendeteksi:

- (1). Kesalahan pembacaan sudut.
- (2). Penyimpangan antara pembacaan face left dan face right.
- (3). Kebutuhan kalibrasi ulang alat.

d) Pengukuran Sudut Besar dan Kompleks

Sebelum alat digunakan untuk pekerjaan teknis, perlu dilakukan uji kolimasi dan pengujian error sumbu. Reiterasi membantu mendeteksi:

- (1). Kesalahan pembacaan sudut.

(2). Penyimpangan antara pembacaan face left dan face right.

(3). Kebutuhan kalibrasi ulang alat.

Sudut $>90^\circ$ biasanya lebih rentan terhadap kesalahan paralaks, kesalahan rotasi instrument dan pengaruh tekanan operator. Reiterasi memungkinkan:

(1). Pembacaan bertahap dari berbagai arah.

(2). Pengurangan bias sistematis.

e) Monitoring Deformasi atau Pergerakan Struktur

Dalam proyek geoteknik atau bangunan tinggi, sering dilakukan monitoring arah atau pergeseran bangunan dalam jangka waktu lama. Sudut harus diukur secara identik dan presisi dari waktu ke waktu.

Contohnya Adalah sebagai berikut:

(1). Monitoring menara transisi

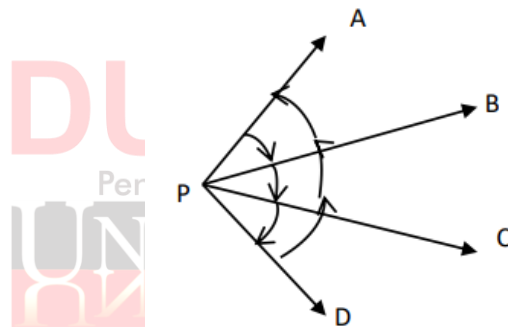
(2). Deformasi tanggul atau dinding penahan

(3). Observasi gerakan tanah (landslide warning system)

Contoh pengukuran dengan cara reiterasi:

Apabila sebuah titik (P) memiliki beberapa arah tujuan (lihat gambar), misalnya dari P menuju titik A, B, C, dan D, maka sudut-sudut seperti $\angle APB$, $\angle BPC$, dan $\angle CPD$ dapat langsung ditentukan. Proses pengukuran dimulai dari jurusan P-A, dilanjutkan ke titik P mengarah ke titik B hingga P mengarah ke titik D, dengan posisi alat dalam keadaan biasa (Bi). Saat mengukur dari P

mengarah ke titik A, nilai sudut horizontal ($\angle H$) dicatat sebagai $0^{\circ}0'0''$ dan sudut vertikal ($\angle V$) juga $0^{\circ}0'0''$. Selanjutnya, dari posisi titik P mengarah ke titik D (setelah alat siap dalam keadaan Bi), dilakukan pengukuran kembali ke arah titik P mengarah ke titik C, titik P mengarah ke titik B, dan titik P mengarah ke titik A, sehingga diperoleh sudut $\angle DPC$, $\angle CPB$, serta $\angle BPA$. Pengukuran dari A menuju D disebut pengukuran biasa, sedangkan dari D kembali ke A disebut pengukuran luar biasa. Kedua arah ini disebut sebagai pengukuran dengan menggunakan metode pulang-pergi. Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, lakukan pengukuran dalam beberapa seri.



Gambar 42. Cara Pengukuran Reiterasi

2) Repetisi

Pengukuran sudut dengan cara repetisi adalah metode untuk memperoleh nilai sudut horizontal yang akurat dan presisi tinggi melalui pengulangan pembacaan sudut antara dua titik (misalnya titik B dan titik C), yang dilakukan dari satu

titik pengamatan (misalnya titik A), dalam beberapa siklus, dengan membidik target dari dua posisi teropong, yaitu:

- a) Face left (sisi kiri) – posisi standar alat
- b) Face right (sisi kanan) – setelah teropong dibalik vertical

Tujuan dan fungsi dari pengukuran dengan cara repetisi ini, yaitu:

a) Meningkatkan Ketelitian Sudut Horizontal

(1). Tujuan utama dari metode repetisi adalah mengurangi kesalahan sistematik dan kesalahan acak yang sering muncul dalam satu kali pengukuran sudut.

(2). Dengan mengulang pengukuran dari dua posisi teropong (face left dan face right), kita dapat meminimalkan pengaruh kesalahan kolimasi, sumbu vertikal, dan pembacaan lingkaran horizontal

b) Menghilangkan Pengaruh Kesalahan Kolimasi (Collimation Error)

(1). Kesalahan kolimasi terjadi ketika sumbu garis bidik tidak sejajar dengan sumbu vertikal.

(2). Dengan melakukan pembacaan pada dua sisi teropong, kesalahan ini saling mengoreksi, sehingga hasil rata-rata lebih akurat.

c) Menstabilkan Nilai Sudut terhadap Gangguan Lingkungan

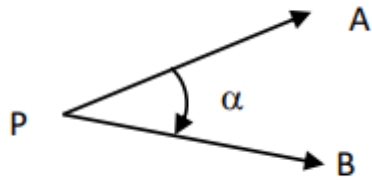
Dalam kondisi medan yang tidak stabil (angin, getaran, medan lunak), pengulangan sudut memungkinkan

diperoleh nilai yang lebih representatif dibanding hanya satu kali pembacaan.

- d) Memberikan Nilai Sudut yang Dapat Dipertanggungjawabkan
- (1). Proyek-proyek besar dan presisi tinggi (misalnya: pembangunan jembatan, terowongan, rel kereta) membutuhkan dokumentasi teknis yang dapat diaudit dan diverifikasi.
 - (2). Dengan metode repetisi, nilai sudut disajikan berdasarkan rata-rata dari beberapa kali pengukuran, sehingga lebih sahih secara ilmiah dan teknis.
- e) Meningkatkan Kepercayaan Diri Operator terhadap Hasil Ukur
- Operator alat dapat memastikan bahwa pengukuran tidak terganggu oleh kesalahan sesaat (seperti tangan goyah, salah membaca angka, kesalahan penyetelan), karena rata-rata dari beberapa pengukuran memberikan keyakinan yang lebih tinggi terhadap akurasi hasil.

Dengan menggunakan cara ini, besar sudut tidak diperoleh secara langsung, tetapi ditentukan berdasarkan hasil kelipatan.

$$\begin{aligned} \text{Besar sudut} &= 1/N \times \text{hasil pengukuran} \\ &\text{kelipatan } N \text{ sudut itu} \\ N &= \text{repetisi} \end{aligned}$$



Gambar 43. Cara Pengukuran Repetisi

Pengukuran dilakukan hanya untuk sudut ($\angle APB$) alat tidak perlu $\angle H = 00\ 0'0''$ dan $V = 00\ 0'0''$. Besar $\alpha =$ Pemb. II – Pemb. I, pengukuran dengan cara ini dilakukan berkali-kali.

2. Perlengkapan Penunjang Pengukuran

1) Statif



Gambar 44. Statif

Kaki statif pada theodolit berfungsi sebagai penopang utama agar alat berdiri stabil dan kokoh saat digunakan di

lapangan. Dengan konstruksi yang dapat diatur panjang-pendeknya, statif memudahkan proses centering (meletakkan theodolit tepat di atas titik ukur) serta leveling (menyetel alat agar berada pada posisi horizontal).

2) Bak Ukur



Gambar 45. Bak Ukur

Bak ukur berfungsi sebagai alat bantu dalam pengukuran jarak dan beda tinggi menggunakan theodolit atau waterpass. Alat ini berupa rambu ukur dengan skala angka

yang tegak lurus terhadap tanah, sehingga memudahkan pembacaan hasil bidikan teleskop.

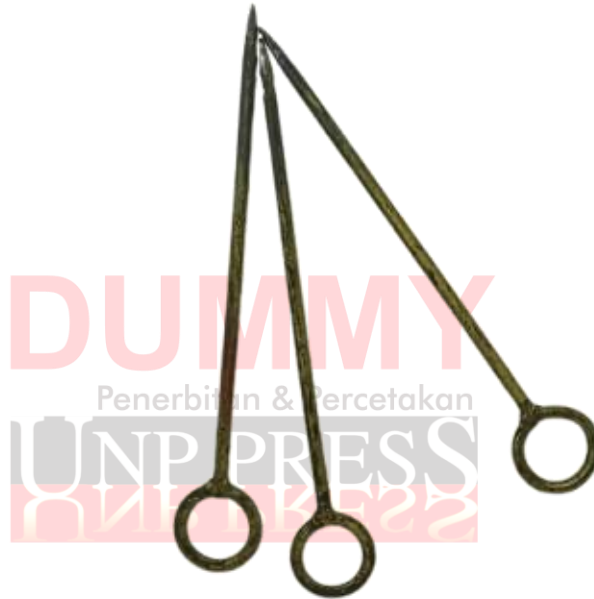
3) Pita Ukur



Gambar 46. Pita Ukur

Pita ukur berfungsi sebagai alat untuk mengukur jarak secara langsung di lapangan, biasanya antara dua titik yang akan dijadikan acuan dalam pengukuran. Alat ini terbuat dari baja, fiberglass, atau kain khusus dengan satuan panjang yang tercetak jelas (meter atau feet), sehingga memudahkan pembacaan.

4) Pen Ukur/ Patok



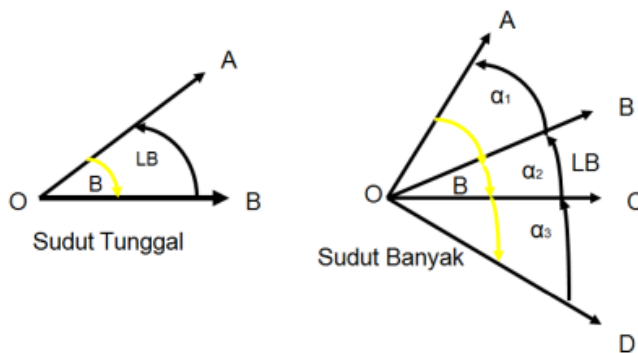
Gambar 47. Pen Ukur

Pen ukur atau patok berfungsi sebagai tanda fisik di lapangan untuk menandai titik ukur atau titik referensi yang telah ditentukan. Patok biasanya dibuat dari kayu, besi, atau beton dan ditanam di tanah agar posisinya tetap stabil.

3. Langkah Kerja Pengukuran

- 1) Langkah Pengukuran Reiterasi
 - a. Pasang alat di titik O (titik yang telah ditentukan).
 - b. Arahkan bidikan ke titik A, kemudian nolkan sudut horizontal.
 - c. Letakkan sasaran tepat di tengah benang silang dengan memutar sekrup penggerak halus horizontal.

- d. Catat pembacaan pada lingkaran graduasi horizontal saat teropong berada pada posisi biasa (AB).
- e. Longgarkan sekrup klem, lalu bidik sasaran B dengan tepat.
- f. Catat hasil pembacaan lingkaran graduasi (BB).
- g. Putar teropong 180° untuk membidik kembali titik B, lalu baca hasil lingkaran graduasi. Pada tahap ini teropong berada dalam posisi luar biasa (BLB).
- h. Arahkan bidikan kembali ke titik A dan catat pembacaan lingkaran graduasinya (ALB).

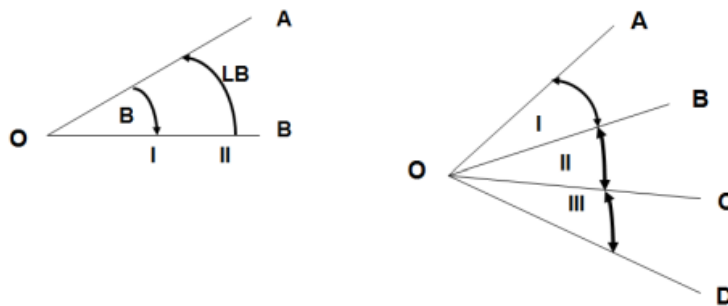


Gambar 48. Langkah Kerja Pengukuran Metode Reiterasi

- 2) Langkah-langkah Pengukuran Repetisi
 - i. Pasang dan stel theodolit pada titik O.
 - j. Atur lingkaran graduasi pada posisi nol.
 - k. Kunci klem atas, longgarkan klem bawah, kemudian arahkan bidikan ke titik A (sebagai posisi nol).
 - l. Setelah itu, kunci kembali klem atas dan buka klem bawah untuk membidik titik B dengan memutar piringan atas, lalu catat hasil pembacaan sudut A_1 ($n = 1$).
 - m. Selanjutnya, kencangkan klem atas dan longgarkan klem bawah untuk kembali membidik titik A, dengan menjadikan

sudut A1 sebelumnya sebagai acuan. Dengan pelat bawah tetap terkunci, arahkan kembali ke titik B menggunakan pelat atas yang dikendorkan, hingga diperoleh pembacaan sudut A2 ($n = 2$).

- n. Ulangi langkah (e) tersebut beberapa kali (n kali) agar didapatkan rata-rata hasil pembacaan yang lebih akurat.



Gambar 49. Langkah Kerja Pengukuran Metode Repetisi

4. Contoh

1) Seorang juru ukur melakukan pengukuran untuk membuat peta kontur pada lahan miring menggunakan metode tachymetri. Alat yang digunakan adalah theodolite dengan stadia hair (benang atas, tengah, dan bawah), serta rambu ukur. Dari satu titik stasiun alat (P1), dilakukan pengamatan ke titik target (P2) yang berada di medan terbuka. Berikut adalah data yang dicatat dari hasil pengukuran:

Sudut vertikal (α)	= 7°
Benang atas (Ba)	= 2,150 m
Benang tengah (Bt)	= ?
Benang bawah (Bb)	= 1,350 m
Tinggi alat (H1)	= 1,500 m

Elevasi titik alat (P1) = 100,000 m

Pertanyaan:

- a) Hitung tinggi benang tengah (Bt)
- b) Hitung jarak optis antara titik alat dan titik target
- c) Hitung jarak miring (O)
- d) Hitung jarak datar (S)
- e) Hitung beda tinggi (V) menggunakan rumus
- f) $V = 50 \cdot (Ba - Bb) \cdot \sin(2\alpha)$
- g) Hitung elevasi titik P2, berdasarkan hasil beda tinggi.
- h) Tentukan apakah titik P2 lebih tinggi atau lebih rendah dibanding titik P1.

Penyelesaian:

- a. Hitung Benang Tengah (Bt)

$$Bt = \frac{Ba+Bb}{2} = \frac{2,150+1,350}{2} = \frac{3,500}{2} = 1,750 \text{ m}$$

- b. Jarak Optis

$$\text{Jarak Optis} = (Ba - Bb) \times 100$$

$$= (2,150 - 1,350) \times 100$$

$$= 0,800 \times 100$$

$$= 80,00 \text{ m}$$

- c. Jarak Miring (O)

$$O = (Ba - Bb) \times 100 \times \cos(\alpha)$$

$$= 0,800 \times 100 \times \cos(7^\circ)$$

$$O = 80 \times 0,9925$$

$$= 79,40 \text{ m}$$

d. Jarak Datar (S)

$$\begin{aligned} S &= (B_a - B_b) \times 100 \times \cos^2(\alpha) \\ &= 80 \times (0,9925)^2 \\ &= 80 \times 0,9850 \\ &= 78,80 \text{ m} \end{aligned}$$

e. Beda Tinggi (V)

$$\begin{aligned} V &= 50 (B_a - B_b) \sin (2\alpha) \\ V &= 50 \times 0,800 \times \sin (14^\circ) \\ &= 40 \times 0,2419 \\ &= 9,676 \text{ m} \end{aligned}$$

f. Hitung Elevasi Titik P2

Karena sudut elevasi positif ($\alpha = 7^\circ$), maka titik target lebih tinggi dari alat:

$$\begin{aligned} \text{Elevasi P2} &= \text{Elevasi P1} + V \\ &= 100,000 + 9,676 \\ &= 109,676 \text{ m} \end{aligned}$$

2) Seorang surveyor mengukur poligon tertutup berbentuk segitiga dengan tiga titik: A, B, dan C. Ia mencatat panjang sisi-sisinya sebagai berikut:

Sisi	Panjang (m)
AB	50
BC	40
CA	30

Sudut dalam di setiap titik juga sudah diukur:

Titik	Sudut Dalam
-------	-------------

Titik	Sudut Dalam
A	60°
B	70°
C	50°

Pertanyaan:

- Apakah sudut-sudut dalam sudah benar untuk poligon tertutup 3 titik?
- Hitung luas segitiga ABC.

Jawaban:

- Jumlah sudut dalam

$$\Sigma \text{sudut} = 60^\circ + 70^\circ + 50^\circ = 180^\circ$$

Sesuai \rightarrow sudut dalam benar untuk segitiga.

- Hitung Luas Segitiga ABC

- Hitung keliling:

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

$$= \frac{50+40+30}{2} = \frac{120}{2} = 60$$

- Hitung luas

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

$$\text{Luas} = \sqrt{60(60-50)(60-40)(60-30)}$$

$$\text{Luas} = \sqrt{60 \times 10 \times 20 \times 30}$$

$$\text{Luas} = \sqrt{360000}$$

$$\text{Luas} = 600 \text{ m}^2$$

D. Evaluasi

1. Diskusikan hasil setelah analisis, diskusikan hasil pengukuran dengan kelompok. Identifikasi apakah ada kesalahan atau tantangan yang dihadapi selama praktikum.
2. Berikan rekomendasi untuk perbaikan dalam praktikum berikutnya berdasarkan pengalaman yang didapat. Apa yang bisa dilakukan lebih baik? Apakah ada teknik yang bisa diperbaiki?

E. Penutup

Theodolite digital Topcon DT 200 merupakan instrumen presisi untuk pengukuran sudut horizontal dan vertikal yang andal pada pekerjaan pemetaan, set out, dan kontrol geometri. Pemahaman komponen utama seperti lensa teropong, optical plummet, nivo kotak dan nivo tabung, pengunci horizontal dan vertikal, sekrup penggerak halus, serta panel dan tombol fungsi menjadi landasan operasi yang benar. Metode pengukuran reiterasi dan repetisi yang dilaksanakan melalui tahapan centering, leveling, set nol, pembacaan face left dan face right, diulang dengan pencatatan rapi, efektif meminimalkan kesalahan kolimasi dan kesalahan sumbu sehingga ketelitian meningkat.

BAB 4

Total Position Nikon – NPL 322

A. Pendahuluan



Gambar 50. Total Station Nikon-322

Total station merupakan alat ukur modern yang memadukan kemampuan theodolite dengan teknologi EDM (Electronic Distance Measurement) Menggunakan sistem elektronik untuk menentukan jarak, sudut, dan elevasi antara alat ukur dengan titik yang dituju. Dalam praktik pengukuran, alat total station menggunakan kombinasi prisma dan laser untuk merekam data secara digital, yang meningkatkan ketelitian, efisiensi, serta kemudahan pengolahan data.

Berdasarkan tingkat teknologi dan fitur-fiturnya, Total Station dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berikut:

1. Total Station Manual (Conventional Total Station)

Total Station Manual atau konvensional merupakan jenis paling dasar yang masih membutuhkan operator untuk membidik target secara manual menggunakan teleskop. Pengolahan data dilakukan melalui panel kontrol tanpa bantuan motor servo atau sistem pelacakan otomatis. Kelebihannya adalah harga yang lebih terjangkau dan cocok untuk pelatihan dasar, namun membutuhkan waktu lebih lama dan berisiko kesalahan manusia lebih besar.

2. Total Station Motorized

Dilengkapi motor servo yang memungkinkan teleskop bergerak secara otomatis membidik prisma. Jenis ini lebih efisien dan cepat dalam penggunaannya, dengan akurasi yang lebih tinggi serta mampu mengurangi kelelahan operator. Namun, biayanya lebih mahal dan memerlukan operator yang sudah terlatih.

3. Robotic Total Station

Dapat dikendalikan dari jarak jauh menggunakan remote control atau data collector. Hanya membutuhkan satu orang operator karena dilengkapi fitur auto-tracking yang dapat mengikuti reflektor secara otomatis. Alat ini sangat efisien untuk pekerjaan di area luas dan sulit dijangkau, tetapi harganya sangat mahal dan memerlukan pelatihan khusus.

4. Reflectorless Total Station

Dapat mengukur jarak tanpa bantuan prisma dengan memanfaatkan pantulan sinar dari permukaan objek. Alat ini ideal digunakan untuk objek yang sulit dijangkau secara fisik dan aman digunakan di medan berbahaya. Meski demikian,

akurasi cenderung menurun jika digunakan pada jarak yang sangat jauh, serta membutuhkan permukaan objek yang cukup reflektif.

5. GNSS-Integrated Total Station

Kombinasi antara sistem GNSS dan teknologi pengukuran optik. Jenis ini memungkinkan integrasi data posisi global dengan pengukuran sudut dan jarak, sehingga sangat akurat dan cocok untuk proyek skala besar, terutama dalam bidang teknik sipil. Meski memiliki kinerja unggul, alat ini membutuhkan biaya investasi tinggi serta penanganan sistem yang lebih kompleks.

B. Komponen Total Station Nikon – 322

Total station merupakan alat yang digunakan untuk mengukur jarak dan sudut baik secara horizontal maupun vertikal dengan dilengkapi main board, chip, dan memory sehingga data yang diperoleh dapat terinput secara otomatis (Tobing). Alat ini juga dilengkapi dengan tiga komponen yang terdiri dari pengukuran jarak optis (Electronic Distance Measurement), pengukuran sudut elektronik, dan micro processor. Selain itu, dengan menggunakan Total Station, kesalahan dalam melakukan pengukuran dapat diminimalisir, mempermudah manajemen data survey, serta mempercepat proses pengukuran. Saat proses pengoperasian Total Station, terdapat beberapa alat penunjang, diantaranya sebagai berikut:

1. Tripods/Statif

Merupakan tiang berkaki tiga yang berfungsi sebagai penyangga utama tempat Total Station atau prisma dipasang. Tripod harus dipasang pada permukaan yang stabil dan rata untuk menjaga kestabilan alat selama pengukuran.



Penerbitan & Percetakan
Gambar 51. Statif/Tripod



2. Prisma

Digunakan sebagai reflektor yang memantulkan sinar laser atau gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh Total Station, sehingga alat dapat menghitung jarak dan sudut dengan akurat.



Gambar 52. Reflector/Prisma

3. Tongkat Pole Prisma (Stick Pole Prism)

Yaitu tongkat khusus yang dapat disesuaikan tingginya dan dilengkapi dengan gelembung nivo untuk memastikan posisi tegak lurus. Tongkat ini memudahkan operator dalam membawa dan memposisikan prisma pada titik yang akan diukur.



Penerbitan & Percetakan
Gambar 53. Tongkat Pole Prisma

4. Roll Meter

Yaitu alat ukur panjang berupa pita ukur yang dapat digulung. Roll meter berfungsi untuk mengukur jarak pendek secara manual sebagai pembanding atau pengecekan terhadap hasil pengukuran digital dari Total Station.

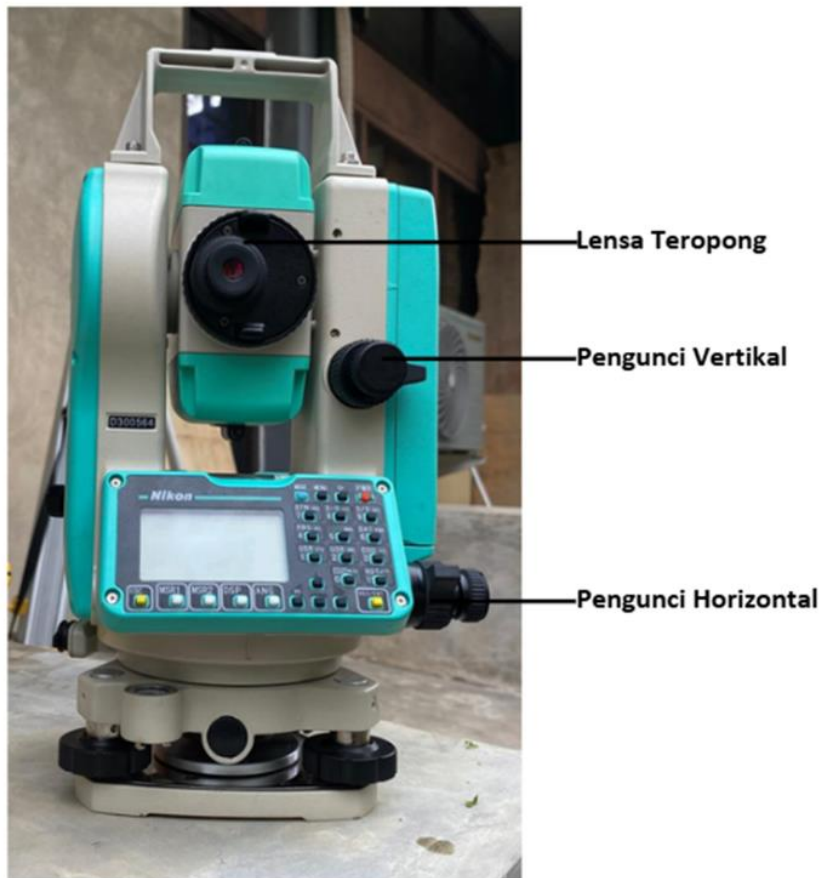


Gambar 54. Pita Ukur/Roll Meter

Berikut adalah komponen utama yang terdapat pada Total Station:



(a)



(b)
Gambar 55. (a) dan (b) Komponen Total Station

Selanjutnya istilah yang sering muncul dalam tampilan atau di layar total satation:

ALL → Memulai proses pengukuran jarak dan sudut sekaligus menyimpan hasil pengukuran tersebut.

DIST → Mengaktifkan pengukuran jarak dan sudut tanpa menyimpan hasil pengukuran.

REC → Menyimpan data yang sedang ditampilkan pada layar.

ENTER → Menghapus data yang sedang muncul dan menyiapkan tampilan untuk memasukkan nilai baru.

BS → Membuka menu pengaturan backsight.

MEAS → Digunakan untuk menghitung posisi titik dengan mengarahkan bidikan ke prisma.

ENH → Mengaktifkan mode input koordinat.

LIST → Menampilkan daftar titik yang telah tersimpan.

FIND → Memulai pencarian titik berdasarkan data yang sudah dimasukkan.

EDM → Menampilkan menu pengaturan Electronic Distance Measurement (EDM).

-> ABC → Mengubah mode keypad menjadi alfanumerik.

-> 123 → Mengubah mode keypad menjadi numerik.

RESET → Mengembalikan semua pengaturan ke kondisi awal.

VIEW SEARCH → Menampilkan koordinat dan detail pekerjaan (job) pada titik yang dipilih.

PREV → Kembali ke dialog sebelumnya.

NEXT → Melanjutkan ke dialog berikutnya.

*NEZ → Menampilkan koordinat N (Northing), E (Easting), dan Z (Elevation).

OK saat input → Mengonfirmasi data pengukuran atau nilai yang dimasukkan, lalu melanjutkan ke proses berikutnya.

Tabel 8. Keterangan Tampilan pada Monitor

Keterangan Tampilan Tanda Di Monitor Ts Tampilan	Keterangan	Tampilan	Keterangan
V	V – angel (sudut vertikal)	N	Northing Coordinate (Koordinat Y)
HR	H – angel right (Sudut Horizontal bacaan biasa)	E	Easting Coordinate (Koordinat X)
HL	H – angel left (Sudut Horizontal bacaan luar biasa)	Z	Elevasi coordinate (Koordinat Elevasi/ tinggi/ Z)
HD	Horizontal distance (Jarak Datar)	*	EDM Working (sedang proses pembacaan data)
VD	Relative Elevation (beda tinggi)	M	Meter Unit (Satuan Meter)
SD	Slope Distance (Jarak Miring)	F	Feet and Inchi Unit (Satuan Kaki dan Inchi)

(Sumber: Hasil pencarian Google Images, 2025)

C. Prinsip Kerja Total Station NPL – 322

Penggunaan total station pada kegiatan pengukuran dan pemetaan memungkinkan penentuan titik pada suatu bidang secara tiga dimensi, dengan tingkat ketelitian yang tinggi sehingga mampu mengurangi potensi kesalahan akibat faktor manusia. Meskipun total station menawarkan berbagai keunggulan, alat ini juga memiliki beberapa keterbatasan. Dengan manfaat yang cukup signifikan, harga perangkat ini relatif tinggi. Selain itu, total station

memerlukan pasokan daya dari baterai, sehingga saat melakukan pengukuran perlu menyiapkan baterai cadangan yang memadai serta mempertimbangkan jumlah dan jenis baterai yang sesuai. Alat total station umum digunakan untuk pengukuran dan pemetaan lahan pada proyek konstruksi, baik gedung maupun jalan.

1. Pengukuran atau Pemetaan

Total station mampu mempercepat serta meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pengukuran dan pemetaan. Keunggulan ini diperoleh karena alat tersebut telah dilengkapi dengan teknologi otomatis untuk pengukuran jarak, sehingga data jarak dan sudut dapat direkam secara otomatis dan tersimpan dalam format digital.

2. Pengukuran Volume

Pengukuran ini dilakukan menggunakan alat total station dengan merekam data koordinat pada permukaan objek yang akan dihitung volumenya. Pada area dengan geometri yang rumit dan tidak beraturan, total station membantu proses perhitungan volume menjadi lebih cepat karena dapat merekam banyak titik.

3. Pengukuran Jarak dan Sudut



Gambar 56. Ilustrasi Pengukuran Jarak dan Sudut

Proses pengukuran sudut pada Total Station Nikon NPL-322 dilakukan dengan sistem elektronik yang menggunakan sensor sudut atau encoder di dalam alat. Encoder ini berfungsi untuk membaca posisi rotasi teleskop pada sumbu horizontal dan vertikal, lalu mengubahnya menjadi sinyal digital yang dapat ditampilkan dan disimpan dalam memori alat. Di dalam total station terdapat dua cakram pembacaan sudut, yaitu cakram horizontal dan cakram vertikal, yang masing-masing dilengkapi dengan sensor optik untuk mendeteksi perubahan posisi teleskop saat diarahkan ke titik tertentu. Dengan adanya sistem digital ini, pembacaan sudut menjadi lebih cepat, akurat, dan bebas dari kesalahan manusia seperti yang sering terjadi pada alat manual seperti theodolite optik.

Sudut horizontal diukur di bidang datar, yaitu antara garis bidik ke arah titik awal (backsight) dengan garis bidik ke arah titik target (foresight). Pengukuran ini biasanya dilakukan dengan menetapkan titik awal sebagai acuan nol derajat, kemudian alat akan menghitung selisih sudut antara posisi awal dan posisi target. Hasil perhitungan ini merupakan nilai sudut horizontal yang digunakan dalam penentuan arah atau azimuth antar titik di lapangan. Sementara itu, sudut vertikal diukur dari garis horizontal ke arah garis bidik teleskop yang mengarah ke target. Sudut ini dapat menunjukkan posisi titik target apakah berada di atas atau di bawah garis datar alat, dan umumnya dinyatakan dalam bentuk sudut elevasi atau sudut zenit tergantung pada sistem pengaturan alat.

Agar hasil pengukuran lebih akurat, proses pembacaan sudut biasanya dilakukan dalam dua posisi teleskop, yaitu face left dan face right. Metode ini dilakukan dengan memutar teleskop sebesar 180° setelah pembacaan pertama, kemudian mengulangi pengukuran dari sisi sebaliknya. Kedua hasil pembacaan tersebut kemudian dirata-ratakan untuk mengurangi kesalahan sistematik seperti kesalahan kolimasi (collimation error), ketidaktegakan sumbu, atau kesalahan indeks yang mungkin terjadi akibat penyimpangan kecil pada komponen alat. Selain itu, total station Nikon NPL-322 dilengkapi dengan kompensator otomatis dua sumbu yang membantu mengoreksi kesalahan akibat ketidaksempurnaan perataan alat pada tripod, sehingga pembacaan sudut tetap stabil dan presisi meskipun permukaan tanah sedikit miring.

Dalam praktiknya di lapangan, pengukuran sudut dilakukan setelah alat disiapkan di atas titik pengamatan dan disentering secara tepat. Setelah alat disetel rata menggunakan waterpass dan footscrew, operator mengarahkan teleskop ke titik referensi awal atau backsight untuk menentukan arah nol derajat, kemudian mengunci posisi tersebut. Selanjutnya teleskop diarahkan ke titik target dan alat akan secara otomatis menghitung serta menampilkan nilai sudut horizontal dan vertikal. Nilai-nilai ini kemudian disimpan secara digital dalam memori internal dan dapat langsung digunakan untuk perhitungan koordinat atau pengolahan data lebih lanjut di komputer.

Dengan sistem ini, Total Station Nikon NPL-322 mampu menghasilkan pembacaan sudut yang cepat, konsisten, dan akurat dengan ketelitian hingga beberapa detik busur. Hasil pengukuran sudut yang dikombinasikan dengan pengukuran jarak menggunakan EDM akan menghasilkan koordinat tiga dimensi dari titik-titik yang diukur di lapangan. Oleh karena itu, prinsip pengukuran sudut yang teliti menjadi salah satu aspek penting dalam menentukan ketepatan data posisi pada pekerjaan survei dan pemetaan menggunakan total station.

Karakteristik alat Total station:

1. Pengamatan otomatis: Alat ini mampu mengukur sudut vertikal, sudut horizontal, serta jarak miring hanya dengan satu kali penyetelan.
2. Perhitungan cepat: Dapat menghitung komponen jarak horizontal, jarak vertikal, elevasi, dan koordinat titik secara cepat dan akurat.
3. Tampilan dan penyimpanan data: Hasil pengukuran ditampilkan melalui layar LCD, dengan opsi penyimpanan langsung di perangkat atau pada media penyimpanan eksternal.
4. Fleksibilitas penggunaan: Total station dapat digunakan pada berbagai tahapan survei, mulai dari survei pendahuluan, survei titik kontrol, hingga survei pematokan. Alat ini sangat ideal untuk survei topografi yang memerlukan koordinat posisi (x, y, z) dari banyak titik detail.

D. Pengoperasian Total Station Nikon – 322

1. Menentukan Titik Berdirinya Total Station

Langkah awal dalam penggunaan Total Station adalah menentukan lokasi atau titik tempat alat akan didirikan. Titik ini harus dipilih pada lokasi yang strategis, memiliki visibilitas yang baik terhadap titik-titik ukur, serta memungkinkan pembacaan ke prisma secara bebas tanpa halangan. Pada titik ini, tripod dipasang dengan kuat dan stabil, lalu Total Station dipasang dan dikalibrasi agar benar-benar dalam posisi tegak dan tepat di atas titik tersebut. Jika tersedia, penempatan alat sebaiknya merujuk pada titik Bench Mark (BM) atau titik kontrol yang telah diketahui koordinatnya, agar hasil pengukuran dapat terhubung dengan sistem koordinat global atau lokal yang digunakan dalam proyek.

2. Mempersiapkan Peta atau Kawasan yang Akan Diukur

Sebelum pengukuran dimulai, pengguna harus menyiapkan peta dasar atau gambaran umum kawasan yang akan diukur. Hal ini penting untuk membantu perencanaan titik-titik pengukuran dan mempermudah proses pencatatan data. Peta ini juga akan digunakan sebagai acuan dalam menentukan letak titik BM, titik pengukuran, serta rute pergerakan pengukuran jika mencakup area yang luas. Penentuan dan penempatan titik BM di kawasan tersebut sangat krusial sebagai referensi koordinat dan elevasi yang akan digunakan selama seluruh proses survei dan pemetaan berlangsung.

3. Centring Alat Total Station

Sebelum penggunaan total station, harus diperhatikan alat yang digunakan. Tahapan pertama yang harus dilaksanakan adalah centring alat. Berikut langkah langkah dalam centring total station:

- a) Pasang statif tepat di atas titik patok dengan ketinggian yang disesuaikan dengan posisi pengamat.
- b) Letakkan total station (TS) di atas statif, lalu kencangkan sekrup pengunci pada statif.
- c) Angkat dan gerakkan dua kaki statif sambil mengamati titik patok melalui teropong centering optik hingga benang centering mendekati titik tersebut.
- d) Setelah posisi benang centering hampir sejajar dengan titik patok, tancapkan kembali kedua kaki statif yang telah digerakkan.
- e) Lakukan penyetelan nivo tabung dengan menaik-turunkan kaki statif hingga gelembung berada di tengah.
- f) Jika nivo tabung sudah tepat, lanjutkan dengan mengatur nivo kotak menggunakan tiga sekrup (A, B, dan C) secara bersamaan dan searah sampai gelembung berada di tengah.
- g) Periksa kembali apakah benang centering optik masih sejajar dengan titik patok.
- h) Jika belum tepat, kendurkan sekrup pengunci TS, lalu gerakkan alat secara perlahan sambil melihat centering optik hingga benang benar-benar sejajar dengan titik patok. Setelah posisi tepat, kencangkan kembali sekrup pengunci TS.

4. Pemasangan Prisma pada Titik Target

Setelah posisi alat ditentukan dan disetel, langkah selanjutnya adalah memasang prisma pada titik-titik yang akan diukur. Prisma dipasang pada tongkat pole yang dapat diatur tingginya dan harus dijaga agar tegak lurus dengan bantuan gelembung nivo pada tongkat. Pemasangan prisma harus dilakukan dengan cermat, karena kesalahan kecil dalam posisi atau kemiringan dapat memengaruhi akurasi pengukuran. Operator yang memegang prisma perlu memastikan bahwa titik target berada tepat di bawah prisma, terutama jika pengukuran menyangkut koordinat dan elevasi. Posisi prisma juga dapat mengacu pada titik BM tambahan atau titik-titik yang akan ditentukan koordinatnya melalui pengukuran.

5. Pengoperasian Total Station

Berikut penjelasan langkah-langkah untuk penggunaan total Station:

- a) Langkah pertama adalah menyalakan Total Station dengan menekan tombol Power. Pastikan alat menyala dengan normal dan tidak muncul notifikasi error.



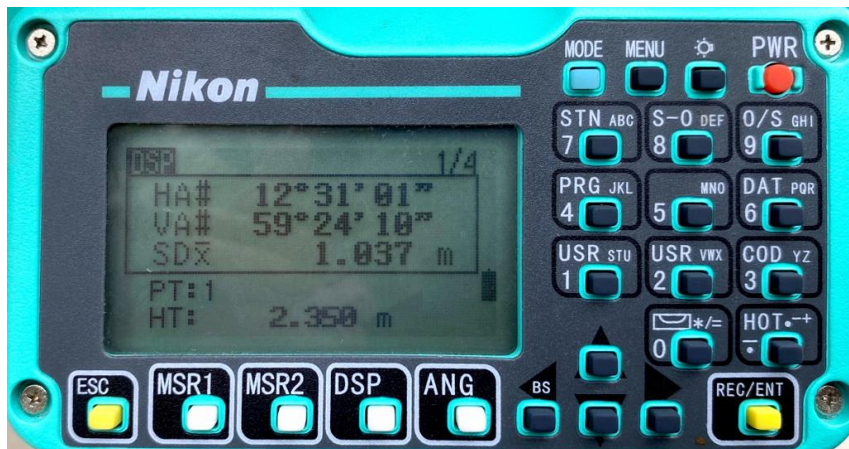
Gambar 57. Menyalakan Total Station

- b) Putar teropong secara vertikal untuk memastikan bahwa sensor dapat membaca pergerakan dan sudut dengan benar. Ini juga berguna untuk mengaktifkan kalibrasi awal dari sistem internal alat.



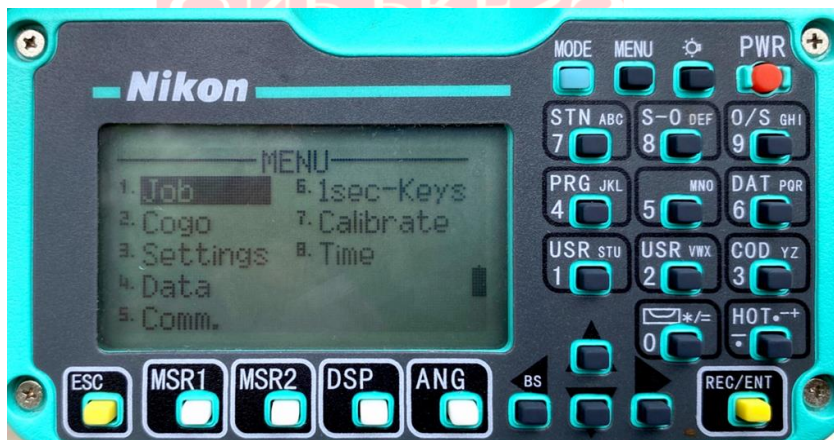
Gambar 58. Tampilan Awal Total Station

- c) Tekan tombol MENU untuk masuk ke halaman utama pengaturan dan fungsi alat.



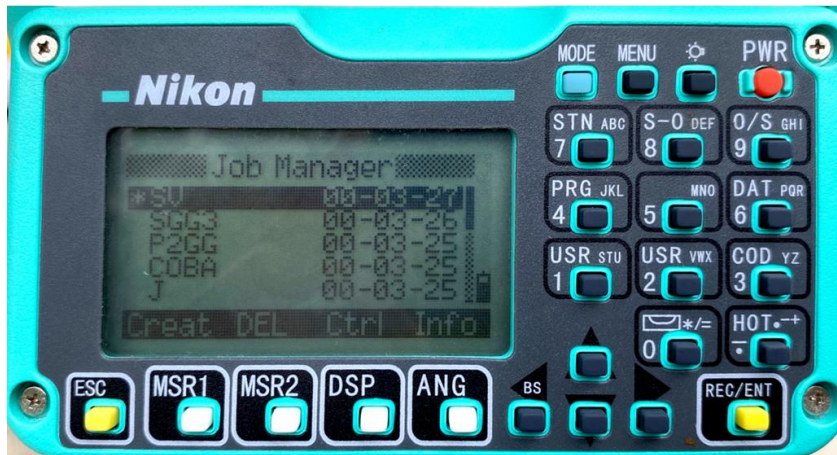
Gambar 59. Tampilan Display Sebelum Pengoperasian

- d) Pilih opsi JOB pada menu, lalu lanjutkan dengan memilih opsi untuk membuat pekerjaan atau job baru.



Gambar 60. Tampilan Menu

- e) Masukkan nama job sesuai kebutuhan proyek atau lokasi pengukuran. Nama job akan menjadi identitas file tempat seluruh data pengukuran disimpan.



Gambar 61. Pembuatan Job Baru

- f) Setelah job berhasil dibuat, layar akan menampilkan informasi sudut horizontal (HA), sudut vertikal (VA), dan jarak miring atau slope distance (SD). Tampilan ini menandakan bahwa alat siap digunakan untuk proses pengukuran.

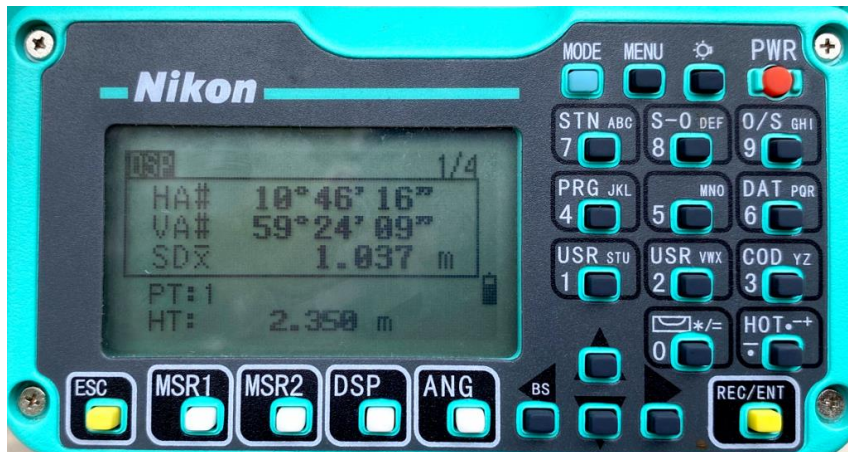
6. Backsight

Backsight atau sering disebut juga sebagai orientasi awal alat, adalah langkah penting dalam pengoperasian Total Station yang berfungsi untuk menentukan arah atau orientasi pengukuran berdasarkan dua titik koordinat yang telah diketahui, yaitu titik tempat alat berdiri (Station Point) dan titik acuan pengarah (Backsight Point).

Dalam praktiknya, backsight dilakukan setelah alat dipasang dan dinivelesasi di atas titik yang memiliki koordinat pasti (benchmark). Titik kedua yang disebut titik backsight juga harus memiliki koordinat yang diketahui. Dengan melakukan pengukuran arah ke

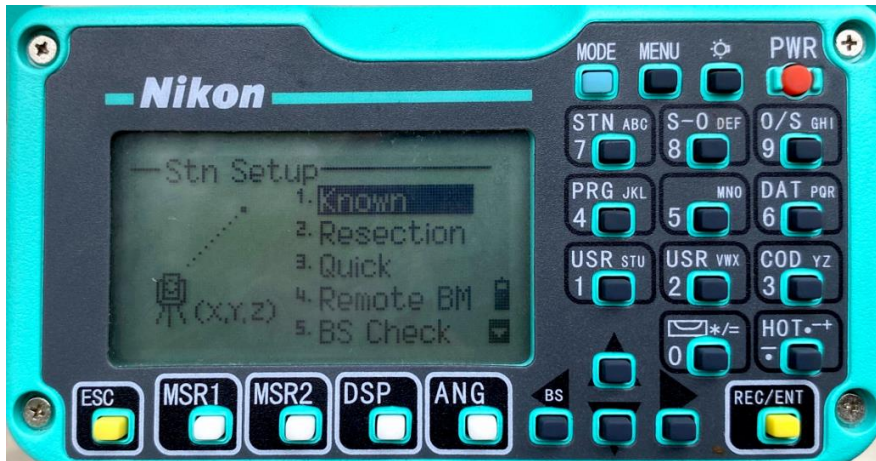
titik backsight ini, Total Station dapat mengenali arah utara relatif atau arah horizontal, sehingga pengukuran-pengukuran selanjutnya akan akurat secara spasial.

- a) Tekan tombol STN pada panel alat untuk masuk ke pengaturan titik stasiun (titik berdiri alat).



Gambar 62. Tombol STN Untuk Backsight

- b) Selanjutnya, tekan tombol KNOW untuk memilih opsi bahwa kita sudah mengetahui posisi koordinat tempat berdirinya alat.



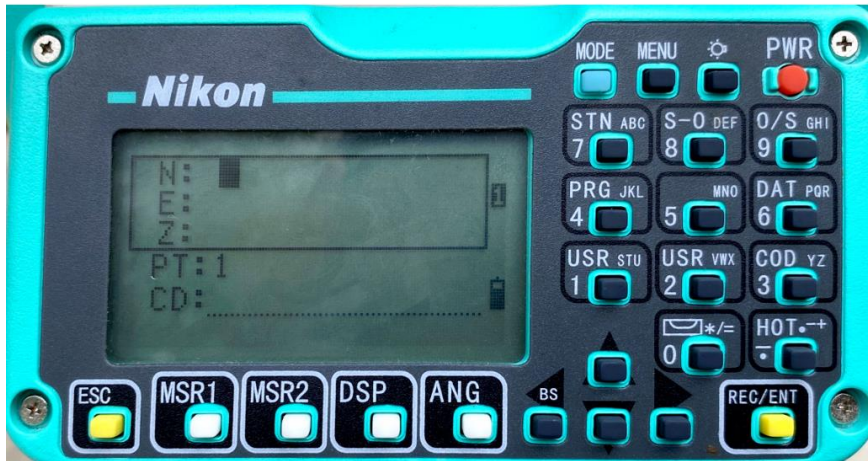
Gambar 63. Stn Setup

- c) Masukkan nama titik tempat berdirinya alat pada kolom ST (Station), lalu tekan Enter. Penamaan titik sebaiknya sesuai dengan nama titik Benchmark yang sudah ditentukan sebelumnya.



Gambar 64. Input Station

- d) Input nilai koordinat X, Y, dan Z dari titik tempat berdirinya alat (titik Benchmark yang sudah diketahui posisinya), lalu lanjutkan.



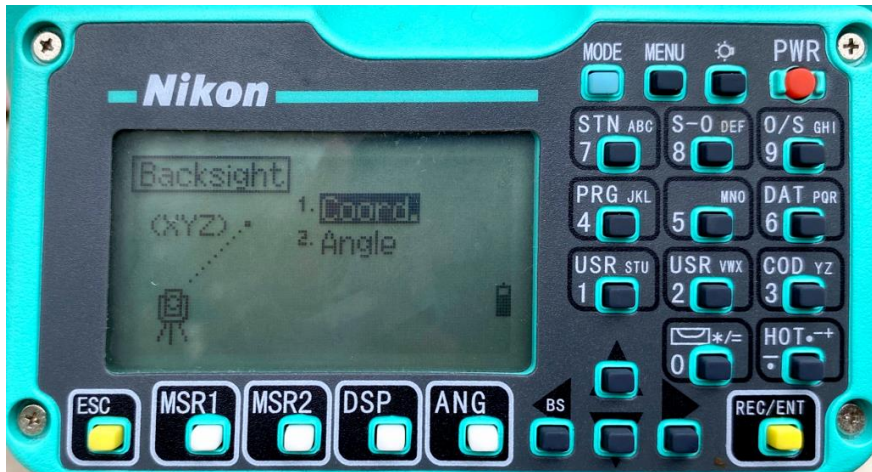
Gambar 65. Input Koordinat

- e) Ukur tinggi alat dari titik tanah/paku ke bagian tengah alat (lensa), kemudian masukkan nilainya dan tekan Enter.



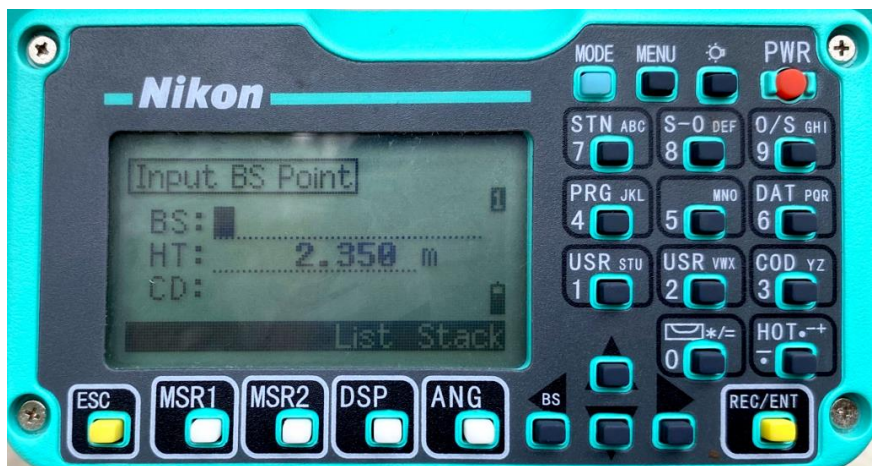
Gambar 66. Input Tinggi Alat

- f) Pada bagian backsite, tekan COORD untuk memasukkan koordinat dari titik yang akan dijadikan acuan orientasi arah (backsight).



Gambar 67. Tampilan Input Backsight

- g) Masukkan nama titik yang akan dijadikan backsight, lalu isikan nilai koordinat X, Y, dan Z dari titik tersebut. Pastikan juga memasukkan tinggi prisma (Reflector Height) pada kolom yang tersedia.



Gambar 68. Input BS point

- h) Setelah semua data terisi dengan benar, tekan Enter untuk menyimpan dan melanjutkan ke proses orientasi alat.



Gambar 69. Tampilan Data Backsight Tersimpan

- i) Setelah orientasi berhasil ditentukan berdasarkan titik stasiun dan titik backsight, alat siap digunakan untuk melakukan pengukuran titik-titik lainnya berdasarkan sistem koordinat yang telah dibuat.

E. Pengukuran Poligon Tertutup

1. Tujuan

Dengan diberikan alat dan perlengkapan seperti tercantum dalam modul ini diharapkan dapat:

- a. Melakukan pengukuran titik-titik poligon menggunakan sistem poligon tertutup.
- b. Menghitung koordinat dari titik-titik poligon hasil pengukuran.
- c. Menggambarkan hasil pengukuran dalam bentuk peta dengan skala tertentu.

2. Teori Singkat

Metode poligon tertutup dalam pengukuran total station adalah teknik pengukuran yang menghubungkan serangkaian titik koordinat secara berurutan hingga jalurnya kembali ke titik awal, sehingga membentuk lintasan yang tertutup. Metode ini sering digunakan dalam survei pemetaan untuk memperoleh koordinat titik-titik baru dengan ketelitian tinggi. Pengukuran dilakukan dengan mencatat sudut dan jarak antar titik menggunakan total station, dimulai dari titik awal yang diketahui koordinatnya (biasanya titik benchmark). Setelah semua sisi dan sudut diukur, lintasan akan kembali ke titik awal, dan selanjutnya dilakukan perhitungan serta koreksi terhadap kesalahan penutupan sudut dan posisi. Poligon tertutup memiliki keunggulan dalam hal akurasi karena kesalahan dapat terdeteksi dan diperbaiki, sehingga sangat sesuai digunakan dalam pemetaan rinci dan sebagai jaringan kontrol dalam pekerjaan survei geodesi.

3. Keselamatan Kerja

- a. Pakailah sepatu dan pakaian kerja saat melakukan praktikum.
- b. Teliti pada keadaan alat – alat yang dipergunakan.
- c. Pusatkan perhatian pada pekerjaan.
- d. Gunakan alat sesuai dengan fungsinya.

4. Alat dan Perlengkapan

- a. Total station satu set.
- b. Prisma.
- c. Pita ukur.
- d. Yalon.
- e. Alat perlengkapan untuk pencatatan data ukur.

5. Langkah Kerja

- a. Persiapkan alat dan perlengkapan pengukuran seperti total station, statif, prisma, tripod, baterai cadangan, buku ukur, serta alat tulis. Periksa semua alat sebelum dibawa ke lapangan untuk memastikan dalam kondisi siap pakai. Lakukan peninjauan awal lokasi pengukuran, buat sketsa pengukuran, dan tentukan titik poligon yang diukur (misalnya P0, P1, P2, P3, dan P4) sesuai dengan jalur tertutup yang direncanakan.
- b. Identifikasi dan tentukan titik BM (benchmark) yang digunakan sebagai backsight. Pastikan koordinat titik BM telah diketahui secara pasti agar dapat digunakan sebagai dasar orientasi arah pengukuran.
- c. Catat informasi penting seperti hari, tanggal, kondisi cuaca, jenis total station yang digunakan, dan nomor seri alat sebagai bagian dari dokumentasi modul.
- d. Dirikan alat total station tepat di atas titik awal poligon (misalnya titik P1) menggunakan teknik centering dan leveling. Pastikan sumbu vertikal alat tepat berada di atas titik poligon untuk menjamin ketelitian hasil.

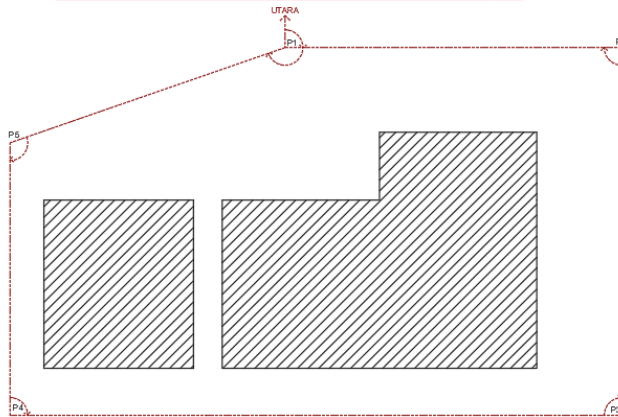
- e. Setelah alat stabil, buka magnit (jika tersedia), arahkan teropong ke titik BM pertama dan setel sudut horizontal menjadi 0° . Kemudian arahkan teropong ke titik BM kedua untuk mendapatkan sudut kontrol arah BM1–BM2, dan catat nilai bacaan sudut tersebut.
- f. Arahkan teropong dari titik P1 ke P2, catat sudut horizontal, dan ukur jarak dengan total station. Pastikan prisma pada titik tujuan terbenang tengah dengan benar. Catat semua bacaan sudut dan jarak ke dalam tabel ukur.
- g. Setelah selesai di titik P1, pindahkan alat ke titik P2, pasang prisma pada titik sebelumnya (P1) dan titik selanjutnya (P3), lalu ulangi pengukuran sudut dan jarak. Lakukan proses ini hingga kembali ke titik awal (penutupan poligon).
- h. Hitung jumlah sudut dalam poligon dan bandingkan dengan nilai teoritis. Jika terdapat selisih, lakukan koreksi terhadap sudut-sudut yang diukur. Hitung koordinat tiap titik menggunakan metode koordinat relatif atau metode koordinat lokal. Jika diperlukan, hitung luas area menggunakan metode trapesium atau metode koordinat.
- i. Buat laporan kegiatan pengukuran yang mencakup: tujuan, alat dan bahan, prosedur pengukuran, sketsa lokasi, tabel hasil pengukuran (sudut dan jarak), perhitungan koordinat, luas area (jika ada), kesimpulan, dan dokumentasi lapangan. Lampirkan foto kegiatan, tabel ukur, dan sketsa poligon sebagai bukti pelaksanaan. Laporan diserahkan

sesuai format dan jadwal yang ditentukan oleh dosen pembimbing.

6. Evaluasi

- a. Proses kerja
 - 1) Penggunaan alat
 - 2) Langkah kerja
 - 3) Sikap kerja
 - 4) Keselamatan kerja
- b. Koreksi hasil pengukuran
- c. Laporan

7. Gambar Pengukuran



Gambar 70. Gambar Pengukuran Poligon Tertutup

F. Pengukuran Poligon Terbuka

1. Tujuan

Dengan menggunakan alat dan perlengkapan yang tercantum pada labsheet ini, pengguna diharapkan mampu:

- a. Melakukan pengukuran titik-titik poligon dengan sistem poligon terbuka.
- b. Menghitung koordinat dari setiap titik poligon.
- c. Menggambarkan hasil pengukuran dengan skala tertentu sesuai ketentuan

2. Teori Singkat

Poligon terbuka adalah metode pengukuran yang membentuk lintasan titik-titik yang saling terhubung secara berurutan namun tidak kembali ke titik awal, sehingga membentuk jalur terbuka. Dalam pengukuran dengan total station, metode ini digunakan ketika jalur pengukuran mengikuti arah lurus atau memanjang seperti pada pengukuran jalan, saluran irigasi, atau jaringan pipa. Pengukuran dilakukan dari titik awal yang diketahui koordinat dan azimutnya menuju titik-titik selanjutnya. Karena tidak ada penutupan jalur, maka verifikasi hasil pengukuran lebih mengandalkan data pengontrol tambahan seperti pengamatan ke titik kontrol eksternal di tengah atau akhir lintasan. Jumlah sudut dalam poligon terbuka tidak dapat dibandingkan dengan nilai teoritis seperti pada poligon tertutup, sehingga ketelitian bergantung pada konsistensi dan akurasi setiap pengukuran. Kelebihan poligon terbuka adalah kesederhanaannya dalam pelaksanaan di lapangan, namun kekurangannya adalah tingkat ketelitian dan kontrol kesalahan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan poligon tertutup.

3. Keselamatan Kerja

- a. Pakailah sepatu dan pakaian kerja sebelum melakukan praktikum.
- b. Teliti keadaan alat – alat yang akan dipergunakan dan kerataan lapangan yang akan diukur.
- c. Gunakan alat sesuai fungsinya.
- d. Menjaga keselamatan alat dan diri anda.

4. Alat dan Perlengkapan

- a. Total station satu set.
- b. Prisma.
- c. Pita ukur.
- d. Yalon.
- e. Alat perlengkapan untuk pencatatan data ukur

5. Langkah Kerja

- a. Siapkan perangkat dan perlengkapan survei seperti total station, tripod, prisma, buku catatan pengukuran, dan peralatan tulis.
- b. Periksa dan pastikan semua alat dalam kondisi baik dan siap digunakan sebelum dibawa ke lapangan.
- c. Tentukan titik-titik poligon terbuka yang akan diukur dan buat sketsa jalur pengukuran.

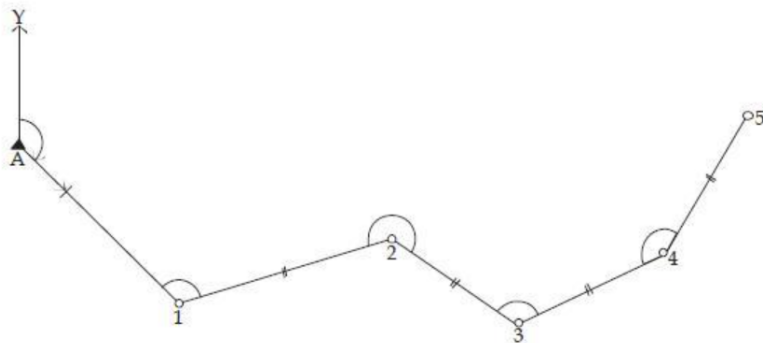
- d. Catat informasi penting seperti jenis dan nomor seri total station yang digunakan, waktu pengukuran (hari dan tanggal), serta kondisi cuaca saat kegiatan dilakukan.
- e. Pasang dan posisikan total station tepat di atas titik awal pengukuran (misalnya titik P1) menggunakan metode centering yang benar.
- f. Atur arah sudut jurusan magnet dengan mengarahkan teropong ke utara, nolkan sudut horizontal, lalu kunci posisinya.
- g. Lepaskan kunci magnet, kemudian bidik ke arah titik P2, pasang dan tegakkan prisma secara vertikal di titik P2.
- h. Baca sudut azimut dari P1 ke P2 serta bacaan benang dan catat hasilnya.
- i. Cek benang tengah sesuai prosedur, lalu catat hasil dalam tabel ukur.
- j. Pindahkan total station ke titik P2 dan stel ulang alat seperti pada langkah sebelumnya.
- k. Arahkan teropong ke titik P1, lalu baca dan catat sudut horizontal serta bacaan benang.
- l. Pasang prisma pada titik P3, arahkan teropong ke titik tersebut, lalu baca dan catat sudut serta bacaan benang.
- m. Hitung sudut horizontal di titik P2 dengan cara mengurangkan bacaan sudut arah ke P3 dengan bacaan sudut arah ke P1.
- n. Ukur jarak langsung antara P1–P2 dan P2–P3 menggunakan pita ukur atau fitur EDM pada total station.

- o. Lakukan langkah-langkah pengukuran berikutnya untuk titik-titik selanjutnya sesuai urutan jalur poligon terbuka.
- p. Hitung koordinat tiap titik berdasarkan data sudut dan jarak yang diperoleh dengan menggunakan rumus dasar trigonometri atau metode koordinat.
- q. Susun laporan hasil pengukuran yang mencakup data alat, data pengukuran, sketsa jalur, tabel hasil ukur, perhitungan koordinat, dan dokumentasi lapangan.

6. Evaluasi

- a. Proses kerja
 - 1) Penggunaan alat
 - 2) Keselamatan kerja
 - 3) Langkah kerja
 - 4) Sikap kerja
- b. Koreksi hasil pengukuran
- c. Laporan

7. Gambar Pengukuran



Gambar 71. Gambar Pengukuran Poligon Terbuka

G. Evaluasi

Dari hasil pelaksanaan pengukuran menggunakan Total Station Nikon NPL-322, dapat dievaluasi bahwa ketelitian hasil pengukuran sangat dipengaruhi oleh ketepatan prosedur pengoperasian alat di lapangan. Kesalahan kecil dalam proses centering, leveling, atau pembacaan backsight dapat menimbulkan deviasi koordinat yang cukup signifikan pada hasil akhir. Oleh karena itu, sebelum pengukuran dilakukan, operator harus memastikan bahwa alat benar-benar berada di atas titik stasiun yang tepat dan telah rata pada posisi horizontal. Selain itu, pemeriksaan orientasi terhadap titik backsight perlu dilakukan berulang agar arah pengukuran tidak mengalami pergeseran selama proses berlangsung.

Pada saat pengambilan data, faktor kondisi lapangan seperti cuaca, cahaya, dan jarak pandang juga mempengaruhi kualitas pembacaan sinyal EDM. Ketika intensitas cahaya terlalu kuat atau terdapat penghalang di antara alat dan prisma, sinyal pantulan dapat melemah sehingga hasil pembacaan jarak menjadi kurang stabil. Penggunaan tripod yang kokoh serta penempatan prisma yang tegak dan mantap menjadi hal penting agar hasil pengukuran jarak dan sudut dapat diperoleh dengan akurasi yang baik.

Secara keseluruhan, penggunaan Total Station Nikon NPL-322 memberikan kemudahan dan efisiensi dalam pekerjaan pengukuran, karena alat ini mampu mengukur jarak, sudut, dan koordinat titik secara otomatis dengan ketelitian tinggi. Namun

demikian, keberhasilan pengukuran tetap sangat bergantung pada ketelitian operator, kondisi lapangan, dan pemahaman terhadap prinsip kerja alat. Dengan pelaksanaan yang hati-hati dan sesuai prosedur, alat ini dapat menghasilkan data yang akurat dan dapat diandalkan untuk kebutuhan pemetaan topografi maupun pekerjaan konstruksi bangunan.

H. Penutup

Penggunaan Total Station dalam kegiatan survei dan pemetaan merupakan langkah penting dalam memperoleh data posisi dan elevasi dengan tingkat ketelitian tinggi. Melalui pembelajaran ini, mahasiswa diharapkan mampu memahami prinsip kerja Total Station, melakukan pengukuran poligon terbuka maupun tertutup, serta mengolah data hasil pengukuran menjadi informasi koordinat yang akurat.

Dari modul ini dapat disimpulkan bahwa keberhasilan pengukuran sangat bergantung pada ketelitian saat menyetel alat, ketepatan dalam pencatatan sudut dan jarak, serta kemampuan dalam menganalisis dan mengoreksi data. Poligon tertutup memberikan keunggulan dalam kontrol ketelitian karena lintasan kembali ke titik awal, sedangkan poligon terbuka lebih praktis digunakan di medan panjang namun memerlukan perhatian lebih pada akurasi tiap langkah. Dengan pemahaman dan praktik yang baik, mahasiswa akan mampu menerapkan teknologi Total Station secara efektif dalam berbagai kebutuhan teknik sipil dan pemetaan geospasial.

BAB 5

RTK GNSS TRIMBLE R8s

A. Pendahuluan

1. Perkembangan Teknologi Pemetaan

Dalam beberapa dekade terakhir, pemetaan telah mengalami transformasi besar, dari metode tradisional yang lambat dan kurang efisien menjadi proses yang jauh lebih cepat dan akurat berkat bantuan teknologi canggih. Teknologi pemetaan modern seperti Sistem Navigasi Satelit Global (GNSS), drone, dan aplikasi mobile telah menjadi tulang punggung dalam banyak proyek pemetaan di seluruh dunia. Sebagai bagian dari teknologi GNSS, Trimble R8s berperan penting dalam memberikan data koordinat yang sangat akurat, yang dibutuhkan untuk menghasilkan peta dengan presisi tinggi. Kemajuan ini telah membawa dampak signifikan, khususnya dalam aplikasi praktis di berbagai industri seperti konstruksi, pertanian, kehutanan, dan pengelolaan sumber daya alam.

GNSS sendiri telah menjadi komponen utama dalam pemetaan karena kemampuannya untuk memberikan informasi lokasi secara real-time dengan akurasi yang tinggi. Dengan menggunakan GNSS, para pengguna tidak perlu lagi mengandalkan metode pengukuran manual yang memakan waktu dan rentan terhadap kesalahan. Trimble R8s, sebagai salah satu perangkat GNSS terdepan, menawarkan ketepatan tinggi yang sangat cocok untuk berbagai keperluan pemetaan profesional. Selain itu, GNSS ini didukung oleh berbagai aplikasi mobile yang memudahkan pengumpulan, pengolahan, dan analisis data, sehingga pengguna dapat memantau

dan mengelola data pemetaan langsung dari perangkat mobile tanpa harus kembali ke kantor atau menggunakan komputer desktop.



Gambar 72. Penggunaan RTK

Perkembangan aplikasi mobile dalam dunia pemetaan juga telah mengubah cara kerja di lapangan. Dengan aplikasi mobile, pengguna kini dapat mengakses data pemetaan secara real-time, membuat dan menyesuaikan

Konfigurasi perangkat, serta mentransfer data dengan mudah. Kemudahan ini sangat menguntungkan para profesional lapangan yang seringkali harus bekerja di area terpencil atau kondisi yang menantang. Aplikasi mobile yang kompatibel dengan Trimble R8s memberikan fleksibilitas yang tinggi dalam berbagai kondisi lapangan, mempermudah pengaturan dan penyimpanan data, serta memungkinkan analisis awal yang berguna sebelum data dibawa ke tahap pemrosesan lebih lanjut.

Sebagai contoh, dalam survei lapangan untuk proyek konstruksi atau pertanian, tim pemetaan dapat menggunakan aplikasi mobile untuk mengatur base dan rover dengan Trimble R8s, melakukan pengukuran titik koordinat, dan meninjau data secara langsung di lokasi. Hal ini menghemat waktu dan tenaga serta meningkatkan efisiensi kerja, sehingga data yang dihasilkan lebih akurat dan siap diproses lebih lanjut. Selain itu, aplikasi mobile dapat menyimpan berbagai konfigurasi perangkat dan data titik, yang membuat pekerjaan pemetaan menjadi lebih terstruktur dan mudah dikelola.

Secara keseluruhan, buku ini ditujukan untuk memberikan panduan lengkap bagi pengguna yang ingin melakukan pemetaan dengan Trimble R8s dan aplikasi mobile. Kombinasi keduanya memungkinkan pengguna untuk mendapatkan hasil pemetaan yang akurat dan efisien dengan lebih mudah dan cepat dibandingkan dengan metode konvensional. Pemetaan modern tidak lagi terbatas oleh perangkat keras yang besar atau lokasi yang sulit dijangkau; sekarang, dengan perangkat GNSS yang portabel dan aplikasi mobile, siapa pun bisa melakukan pemetaan dengan akurasi tinggi di mana saja dan kapan saja.

2. Manfaat Pemetaan dengan Trimble R8s dalam Pemetaan

Penggunaan Trimble R8s dalam pemetaan telah membawa kemajuan signifikan dalam cara kita mengumpulkan dan memanfaatkan data geospasial. Alat GNSS ini terkenal di kalangan profesional pemetaan berkat akurasi tinggi, daya tahan, serta kemudahan integrasinya dengan perangkat lain dan aplikasi mobile.

Penggabungan Trimble R8s dengan aplikasi mobile menghadirkan berbagai manfaat praktis dan fungsional yang secara langsung meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil pemetaan di lapangan.

Salah satu manfaat utama penggunaan Trimble R8s dalam pemetaan adalah akurasi tinggi yang mampu dihasilkannya. Trimble R8s dirancang untuk menyediakan data koordinat dengan ketelitian yang sangat tinggi, baik dalam pengaturan base dan rover untuk pemetaan relatif, maupun dalam pengambilan data posisi absolut. Dalam proyek yang membutuhkan ketelitian tinggi, seperti pemetaan batas properti, survei konstruksi, dan aplikasi topografi lainnya, akurasi data sangat penting untuk menghindari kesalahan yang bisa berakibat pada biaya tambahan atau bahkan masalah hukum. Dengan dukungan aplikasi mobile, data akurat dari Trimble R8s ini dapat langsung diakses dan dikonfirmasi di lapangan, memungkinkan pengguna untuk melakukan verifikasi posisi dan penyesuaian pengukuran secara real-time.

Selain itu, efisiensi waktu juga menjadi salah satu keuntungan signifikan ketika menggunakan Trimble R8s dan aplikasi mobile. Dalam metode pemetaan konvensional, waktu yang dibutuhkan untuk mengumpulkan data dari satu titik ke titik lainnya bisa sangat lama karena alat-alat tradisional memerlukan pengaturan yang rumit dan pemrosesan data yang lebih panjang. Namun, dengan Trimble R8s yang terintegrasi melalui aplikasi mobile, data dapat diambil, direkam, dan disimpan secara otomatis dalam hitungan detik. Hal ini mengurangi waktu tunggu dan mempermudah

pengumpulan data di lapangan, terutama di lokasi yang luas atau sulit diakses. Bahkan, survei yang biasanya membutuhkan waktu sehari-hari kini bisa diselesaikan dalam waktu yang jauh lebih singkat, berkat kecepatan pengumpulan dan pengolahan data dari Trimble R8s.

Manfaat lainnya adalah fleksibilitas penggunaan Trimble R8s di berbagai lingkungan dan kondisi medan. Perangkat ini didesain untuk bekerja dengan baik dalam cuaca ekstrem dan medan yang bervariasi, mulai dari area berbukit hingga wilayah perkotaan yang padat. Fleksibilitas ini didukung oleh aplikasi mobile yang memudahkan pengguna untuk melakukan konfigurasi perangkat tanpa harus membawa laptop atau perangkat tambahan lainnya. Dengan aplikasi mobile, pengaturan base dan rover, pengambilan titik koordinat, hingga monitoring data secara langsung dapat dilakukan hanya melalui perangkat genggam, yang menjadikannya ideal untuk survei di lokasi yang sulit atau jauh dari akses listrik.

Tidak hanya itu, kemudahan transfer data menjadi nilai tambah dalam pemetaan menggunakan Trimble R8s. Aplikasi mobile yang mendukung Trimble R8s memungkinkan pengguna untuk mentransfer data lapangan secara langsung ke server atau perangkat lain, sehingga data yang sudah dikumpulkan dapat diolah lebih lanjut tanpa perlu dipindahkan secara manual. Hal ini meningkatkan ketepatan proses dan memastikan data tetap terjaga keakuratannya saat dipindahkan untuk analisis lebih lanjut.

Dengan segala manfaat ini, Trimble R8s bersama aplikasi mobile menjadi pilihan ideal untuk berbagai proyek pemetaan yang membutuhkan akurasi tinggi, efisiensi, dan kemudahan penggunaan. Kombinasi keduanya tidak hanya memberikan kenyamanan bagi para profesional di lapangan, tetapi juga memperkecil peluang kesalahan, mempercepat proses kerja, dan menghasilkan data yang dapat dipercaya untuk berbagai kebutuhan teknis di lapangan.

Penggunaan Trimble R8s dalam pemetaan telah membawa kemajuan signifikan dalam cara kita mengumpulkan dan memanfaatkan data geospasial. Alat GNSS ini terkenal di kalangan profesional pemetaan berkat akurasi tinggi, daya tahan, serta kemudahan integrasinya dengan perangkat lain dan aplikasi mobile. Penggabungan Trimble R8s dengan aplikasi mobile menghadirkan berbagai manfaat praktis dan fungsional yang secara langsung meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil pemetaan di lapangan.

Salah satu manfaat utama penggunaan Trimble R8s dalam pemetaan adalah akurasi tinggi yang mampu dihasilkannya. Trimble R8s dirancang untuk menyediakan data koordinat dengan ketelitian yang sangat tinggi, baik dalam pengaturan base dan rover untuk pemetaan relatif, maupun dalam pengambilan data posisi absolut. Dalam proyek yang membutuhkan ketelitian tinggi, seperti pemetaan batas properti, survei konstruksi, dan aplikasi topografi lainnya, akurasi data sangat penting untuk menghindari kesalahan yang bisa berakibat pada biaya tambahan atau bahkan masalah

hukum. Dengan dukungan aplikasi mobile, data akurat dari Trimble R8s ini dapat langsung diakses dan dikonfirmasi di lapangan, memungkinkan pengguna untuk melakukan verifikasi posisi dan penyesuaian pengukuran secara real-time.

Selain itu, efisiensi waktu juga menjadi salah satu keuntungan signifikan ketika menggunakan Trimble R8s dan aplikasi mobile. Dalam metode pemetaan konvensional, waktu yang dibutuhkan untuk mengumpulkan data dari satu titik ke titik lainnya bisa sangat lama karena alat-alat tradisional memerlukan pengaturan yang rumit dan pemrosesan data yang lebih panjang. Namun, dengan Trimble R8s yang terintegrasi melalui aplikasi mobile, data dapat diambil, direkam, dan disimpan secara otomatis dalam hitungan detik. Hal ini mengurangi waktu tunggu dan mempermudah pengumpulan data di lapangan, terutama di lokasi yang luas atau sulit diakses. Bahkan, survei yang biasanya membutuhkan waktu sehari-hari kini bisa diselesaikan dalam waktu yang jauh lebih singkat, berkat kecepatan pengumpulan dan pengolahan data dari Trimble R8s.

Manfaat lainnya adalah fleksibilitas penggunaan Trimble R8s di berbagai lingkungan dan kondisi medan. Perangkat ini didesain untuk bekerja dengan baik dalam cuaca ekstrem dan medan yang bervariasi, mulai dari area berbukit hingga wilayah perkotaan yang padat. Fleksibilitas ini didukung oleh aplikasi mobile yang memudahkan pengguna untuk melakukan konfigurasi perangkat tanpa harus membawa laptop atau perangkat tambahan lainnya.

Dengan aplikasi mobile, pengaturan base dan rover, pengambilan titik koordinat, hingga monitoring data secara langsung dapat dilakukan hanya melalui perangkat genggam, yang menjadikannya ideal untuk survei di lokasi yang sulit atau jauh dari akses listrik.

Tidak hanya itu, kemudahan transfer data menjadi nilai tambah dalam pemetaan menggunakan Trimble R8s. Aplikasi mobile yang mendukung Trimble R8s memungkinkan pengguna untuk mentransfer data lapangan secara langsung ke server atau perangkat lain, sehingga data yang sudah dikumpulkan dapat diolah lebih lanjut tanpa perlu dipindahkan secara manual. Hal ini meningkatkan ketepatan proses dan memastikan data tetap terjaga keakuratannya saat dipindahkan untuk analisis lebih lanjut.

Dengan segala manfaat ini, Trimble R8s bersama aplikasi mobile menjadi pilihan ideal untuk berbagai proyek pemetaan yang membutuhkan akurasi tinggi, efisiensi, dan kemudahan penggunaan. Kombinasi keduanya tidak hanya memberikan kenyamanan bagi para profesional di lapangan, tetapi juga memperkecil peluang kesalahan, mempercepat proses kerja, dan menghasilkan data yang dapat dipercaya untuk berbagai kebutuhan teknis di lapangan.

3. Tujuan dan Lingkup Buku

Buku ini ditulis untuk memberikan panduan yang lengkap dan praktis mengenai penggunaan Trimble R8s dalam pemetaan dengan bantuan aplikasi mobile. Dalam beberapa tahun terakhir, kebutuhan

akan pemetaan yang akurat dan efisien semakin meningkat seiring dengan berkembangnya berbagai sektor seperti konstruksi, pertanian, kehutanan, serta pengelolaan lahan dan sumber daya alam. Alat pemetaan yang mampu menghasilkan data presisi tinggi, seperti Trimble R8s, telah menjadi kebutuhan utama dalam berbagai aplikasi pemetaan ini. Selain itu, integrasi dengan aplikasi mobile memudahkan pengoperasian dan pengelolaan data di lapangan, membuat Trimble R8s tidak hanya berguna bagi profesional, tetapi juga bagi para pengguna pemula yang ingin memulai di bidang pemetaan.

Tujuan utama buku ini adalah untuk memberikan pemahaman mendalam tentang bagaimana menggunakan Trimble R8s secara optimal untuk kebutuhan pemetaan lapangan, terutama dengan bantuan aplikasi mobile. Buku ini membahas langkah demi langkah mulai dari persiapan perangkat hingga pengumpulan dan pengolahan data, sehingga pembaca dapat mengikuti setiap proses dengan jelas dan detail. Buku ini ditujukan untuk pengguna yang mungkin tidak memiliki latar belakang teknis yang mendalam di bidang GNSS atau pemetaan, namun ingin mendapatkan hasil pemetaan yang akurat dan dapat diandalkan.

Buku ini juga bertujuan untuk menjadi referensi bagi para profesional yang sudah berpengalaman di bidang pemetaan namun ingin memperdalam pengetahuan mereka tentang penggunaan Trimble R8s bersama aplikasi mobile. Dengan panduan ini, pengguna dapat mempelajari cara mengatur konfigurasi base dan

rover, melakukan pengukuran koordinat yang presisi, serta mengintegrasikan data yang diperoleh dengan perangkat lunak pemetaan lainnya. Hal ini memberikan fleksibilitas yang lebih luas bagi pengguna, memungkinkan mereka untuk mengatasi tantangan lapangan dengan lebih baik, terutama dalam hal efisiensi waktu dan tenaga.

Lingkup buku ini mencakup tidak hanya aspek teknis penggunaan Trimble R8s dan aplikasi mobile, tetapi juga tips dan strategi dalam pemetaan yang sesuai dengan kebutuhan lapangan. Pembaca akan diajak untuk memahami dasar-dasar pemetaan dengan GNSS, kemudian melangkah ke tahap penggunaan Trimble R8s secara detail. Setiap bab dalam buku ini telah dirancang untuk mencakup aspek penting dalam pemetaan mulai dari persiapan, konfigurasi awal perangkat, pengaturan titik dasar, hingga pengumpulan dan pemrosesan data. Selain itu, buku ini juga menyertakan contoh studi kasus yang relevan untuk memberikan gambaran nyata kepada pembaca mengenai penerapan teknologi ini di lapangan.

Melalui buku ini, diharapkan para pengguna dapat meningkatkan efektivitas kerja mereka dengan memahami cara kerja Trimble R8s dan aplikasi mobile secara menyeluruh. Buku ini dirancang agar mudah dipahami dan dilengkapi dengan ilustrasi, diagram, dan langkah-langkah praktis yang dapat diikuti secara langsung di lapangan. Dengan demikian, buku ini tidak hanya menjadi sumber informasi, tetapi juga alat bantu langsung yang dapat digunakan

sebagai pedoman di lapangan, bahkan dalam kondisi yang menantang.

Pada akhirnya, buku ini diharapkan dapat menjadi referensi utama bagi siapa saja yang tertarik atau berkecimpung dalam bidang pemetaan. Buku ini tidak hanya menekankan pentingnya akurasi dan efisiensi dalam pemetaan, tetapi juga memperkenalkan cara-cara baru dalam mengoperasikan perangkat GNSS secara mobile dan fleksibel. Dengan pemahaman yang komprehensif mengenai perangkat Trimble R8s dan aplikasi mobile, para pembaca diharapkan mampu meningkatkan kualitas hasil pemetaan mereka, baik dalam hal kecepatan, ketepatan, maupun kemudahan pengelolaan data.

B. Arsitektur Sistem & Komponen

1. Pengenalan Trimble R8s

Trimble R8s adalah perangkat GNSS (Global Navigation Satellite System) canggih yang dirancang untuk kebutuhan pemetaan dan survei yang memerlukan tingkat akurasi tinggi. Perangkat ini dikenal luas di kalangan profesional pemetaan karena kinerjanya yang andal, fleksibilitas pengaturan, serta kemampuan untuk menghasilkan data geospasial yang presisi. Dengan kemampuan untuk menerima sinyal dari berbagai konstelasi satelit GNSS – seperti GPS, GLONASS, Galileo, dan BeiDou – Trimble R8s mampu menyediakan data koordinat yang akurat dan stabil dalam berbagai kondisi lapangan. Hal ini menjadikannya pilihan ideal untuk berbagai aplikasi survei dan pemetaan, seperti penentuan

batas tanah, pemetaan topografi, survei konstruksi, dan aplikasi pertanian presisi.

Secara fisik, Trimble R8s memiliki desain yang kompak dan tahan cuaca, yang memungkinkan penggunaannya di berbagai kondisi lingkungan. Perangkat ini dibuat dengan bahan berkualitas tinggi yang tahan terhadap perubahan cuaca ekstrem, kelembaban, dan benturan ringan. Hal ini penting karena pemetaan lapangan sering kali dilakukan di medan yang sulit dan dalam kondisi cuaca yang tidak menentu. Dengan daya tahan tinggi dan perlindungan terhadap debu dan air, Trimble R8s adalah alat yang dapat diandalkan dalam jangka panjang di lapangan. Selain itu, perangkat ini juga memiliki daya tahan baterai yang cukup lama, memungkinkan pengguna untuk melakukan survei di lapangan tanpa sering mengisi ulang daya.

Trimble R8s juga dilengkapi dengan fitur-fitur canggih yang dirancang untuk memudahkan proses pengumpulan data. Salah satu fitur unggulannya adalah kemampuan untuk mengatur perangkat sebagai base station atau rover. Dalam pengaturan ini, satu perangkat bertindak sebagai base yang menyiarkan sinyal koreksi, sementara perangkat lainnya bertindak sebagai rover yang menerima sinyal koreksi tersebut untuk mendapatkan data posisi yang akurat. Sistem ini memungkinkan pengukuran relatif yang presisi tinggi, sehingga data yang diperoleh lebih tepat dan dapat diandalkan, terutama dalam pemetaan area yang luas.

Dalam hal konektivitas, Trimble R8s memiliki beberapa opsi yang memungkinkan integrasi mudah dengan perangkat lain, termasuk aplikasi mobile dan komputer. Dengan fitur konektivitas nirkabel seperti Bluetooth, pengguna dapat menghubungkan Trimble R8s ke perangkat mobile yang mendukung aplikasi pemetaan. Integrasi ini memungkinkan pengguna untuk mengontrol pengaturan, memantau data secara real-time, dan mengelola informasi langsung dari lapangan tanpa harus menggunakan perangkat tambahan seperti laptop. Hal ini membuat pekerjaan di lapangan menjadi lebih efisien dan mudah dilakukan, terutama di area yang sulit dijangkau.

Trimble R8s juga mendukung teknologi RTK (Real-Time Kinematic), yang memungkinkan perhitungan posisi dalam waktu nyata dengan akurasi sub-centimeter. Teknologi ini sangat penting dalam survei atau pemetaan yang memerlukan presisi tinggi, seperti dalam proyek konstruksi atau pemetaan infrastruktur. Dengan RTK, pengguna dapat melakukan pemetaan dengan ketelitian yang sangat tinggi dalam waktu singkat, sehingga dapat menghemat waktu dan tenaga di lapangan. Fitur RTK ini dapat diaktifkan dan dikontrol langsung melalui aplikasi mobile, yang memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan pengaturan sesuai dengan kebutuhan proyek secara fleksibel.

Sebagai perangkat yang dirancang untuk mempermudah pemetaan, Trimble R8s hadir dengan dukungan aplikasi mobile yang memungkinkan pengaturan dan pengelolaan data secara langsung dari perangkat genggam. Aplikasi ini dirancang untuk membantu

pengguna dalam mengatur base dan rover, mengakses pengukuran, serta menyimpan data koordinat secara langsung. Dengan adanya aplikasi ini, pengguna dapat lebih mudah dalam mengelola dan mengakses data di lapangan, mempercepat proses kerja, dan memastikan bahwa semua data yang diperlukan dapat tersimpan dengan baik tanpa memerlukan perangkat tambahan.

Secara keseluruhan, Trimble R8s adalah perangkat GNSS yang serbaguna dan mudah digunakan, dengan fitur-fitur canggih yang mempermudah pekerjaan pemetaan di lapangan. Perangkat ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan berbagai jenis survei dan pemetaan yang memerlukan akurasi dan efisiensi tinggi. Dukungan aplikasi mobile menambah fleksibilitas penggunaan, menjadikan Trimble R8s sebagai pilihan yang sangat efektif bagi pengguna yang ingin melakukan pemetaan dengan hasil yang optimal.

2. Fungsi dan Manfaat Trimble R8s dalam Pemetaan

Trimble R8s memiliki peran penting dalam dunia pemetaan karena kemampuannya untuk menyediakan data geospasial dengan akurasi tinggi dan ketahanan di berbagai kondisi lapangan. Sebagai perangkat GNSS yang canggih, Trimble R8s dirancang untuk menjawab tantangan kebutuhan data yang presisi dalam berbagai aplikasi pemetaan dan survei. Fungsi utama Trimble R8s adalah untuk memberikan koordinat posisi yang tepat melalui teknologi GNSS, yang memungkinkan pengguna untuk menentukan lokasi secara akurat dengan skala sub-centimeter. Ketepatan posisi yang disediakan oleh Trimble R8s membuatnya ideal digunakan dalam

proyek yang memerlukan data detail, seperti survei topografi, penentuan batas wilayah, dan pembangunan infrastruktur.

Salah satu fungsi utama Trimble R8s adalah untuk melakukan pengukuran dan pemetaan dalam dua mode pengaturan, yaitu mode base dan mode rover. Dalam konfigurasi ini, perangkat yang bertindak sebagai base station berfungsi sebagai referensi tetap yang mentransmisikan sinyal koreksi ke perangkat rover. Rover kemudian menggunakan sinyal tersebut untuk menghitung posisi relatifnya terhadap base, menghasilkan data koordinat yang sangat akurat. Sistem ini sangat bermanfaat dalam survei atau pemetaan area yang luas, karena memungkinkan pengguna untuk memperoleh data dengan akurasi tinggi pada titik-titik pengukuran yang berbeda. Proses ini dikenal dengan metode pengukuran RTK (Real-Time Kinematic), yang memungkinkan pemetaan dalam waktu nyata dengan presisi yang sangat tinggi, sehingga data yang diperoleh lebih akurat dan dapat diandalkan.

Manfaat utama lain dari Trimble R8s adalah fleksibilitas dalam pengoperasian, terutama melalui dukungan aplikasi mobile. Dengan koneksi Bluetooth, pengguna dapat mengakses data, mengatur perangkat, dan mengumpulkan informasi langsung dari lapangan menggunakan aplikasi mobile yang kompatibel. Fleksibilitas ini tidak hanya mengurangi kebutuhan untuk membawa perangkat tambahan seperti laptop, tetapi juga memungkinkan pemantauan dan pengelolaan data secara real-time. Dalam konteks lapangan, hal ini berarti bahwa pengguna dapat melakukan penyesuaian atau

pengaturan ulang konfigurasi perangkat tanpa harus kembali ke kantor atau pusat komando, sehingga menghemat waktu dan meningkatkan efisiensi kerja.

Selain itu, kemampuan Trimble R8s untuk bekerja dengan berbagai konstelasi satelit – seperti GPS, GLONASS, Galileo, dan BeiDou – memastikan bahwa perangkat ini dapat digunakan di berbagai area dan kondisi, bahkan di lokasi yang sulit atau di medan yang terhalang. Dengan dukungan multikonstelasi ini, Trimble R8s dapat menerima sinyal satelit dari berbagai sumber, yang memperkuat keakuratan data dan stabilitas sinyal dalam situasi yang penuh tantangan, seperti di area hutan, pegunungan, atau lingkungan perkotaan yang padat bangunan. Kemampuan ini menjadikan Trimble R8s sangat andal dalam berbagai skenario lapangan, karena pengguna tidak perlu khawatir kehilangan sinyal atau mengalami gangguan koordinat yang tidak akurat.

Selain akurasi dan fleksibilitas, manfaat Trimble R8s juga meliputi kemudahan dalam mengelola dan memproses data pemetaan. Data yang diambil dari Trimble R8s dapat dengan mudah disimpan dan ditransfer ke perangkat lain melalui aplikasi mobile, sehingga memudahkan pengguna untuk melakukan pemrosesan data lebih lanjut di kantor atau di lapangan. Data yang dikumpulkan dapat diproses dan dianalisis dengan berbagai perangkat lunak pemetaan lainnya, membuat Trimble R8s kompatibel dengan sebagian besar alur kerja pemetaan modern. Dengan kemampuan ini, Trimble R8s

mendukung berbagai kebutuhan pemetaan, mulai dari survei tanah hingga pemetaan pertanian dan kehutanan.

Sebagai perangkat yang serbaguna, Trimble R8s juga menawarkan berbagai manfaat tambahan yang meningkatkan produktivitas di lapangan. Dalam survei yang membutuhkan akurasi tinggi, perangkat ini mampu mempercepat waktu pengumpulan data dan mengurangi jumlah personel yang diperlukan, karena perangkat dapat dioperasikan dengan mudah oleh satu atau dua orang saja. Trimble R8s juga memberikan informasi yang langsung tersedia dalam format digital, menghilangkan kebutuhan untuk mencatat atau memindahkan data secara manual. Hal ini tidak hanya menghemat waktu, tetapi juga mengurangi potensi kesalahan manusia dalam pemrosesan data, menjadikan hasil pemetaan lebih akurat dan andal.

Secara keseluruhan, Trimble R8s menawarkan solusi pemetaan yang lengkap dan efisien. Dengan fungsi pengukuran GNSS yang canggih, fleksibilitas dalam pengoperasian, kemampuan multi-konstelasi, serta integrasi dengan aplikasi mobile, Trimble R8s memberikan manfaat nyata bagi para profesional di lapangan. Alat ini dirancang untuk meningkatkan kecepatan, akurasi, dan efektivitas dalam pemetaan, sehingga menjadi pilihan yang sangat baik bagi berbagai kebutuhan survei dan pemetaan yang membutuhkan presisi tinggi.

3. Komponen Utama Trimble R8s dan Fungsinya

Trimble R8s memiliki beberapa komponen utama yang dirancang untuk bekerja secara harmonis, memungkinkan perangkat ini menghasilkan data pemetaan yang presisi dan andal. Pemahaman akan setiap komponen utama dan fungsinya penting untuk memaksimalkan penggunaan Trimble R8s, terutama dalam pemetaan dan survei lapangan yang membutuhkan ketelitian tinggi.

a. Antena GNSS

Komponen yang paling mencolok dari Trimble R8s adalah antena GNSS-nya. Antena ini dirancang untuk menangkap sinyal dari berbagai konstelasi satelit, seperti GPS, GLONASS, Galileo, dan BeiDou, yang merupakan bagian dari sistem GNSS. Dengan kemampuan menerima sinyal multi-konstelasi ini, antena Trimble R8s memungkinkan perangkat untuk bekerja secara stabil di berbagai kondisi, termasuk di medan yang terhalang atau jauh dari area terbuka. Antena ini juga dilengkapi dengan teknologi canggih yang mampu meredam gangguan sinyal dari pantulan atau interferensi lain, yang memastikan kualitas dan akurasi data yang diperoleh tetap tinggi. Dalam pengukuran geospasial, kemampuan antena ini untuk menangkap sinyal dengan stabil adalah faktor penting yang mendukung akurasi data.

b. Modul Receiver GNSS

Receiver GNSS pada Trimble R8s adalah komponen utama yang memproses sinyal yang diterima antena dan

mengonversinya menjadi data posisi yang akurat. Modul ini dilengkapi dengan teknologi Real-Time Kinematic (RTK) yang memungkinkan perangkat untuk mencapai akurasi sub-centimeter dalam kondisi waktu nyata. Teknologi RTK ini sangat penting untuk aplikasi pemetaan yang memerlukan presisi tinggi, seperti pemetaan tanah, konstruksi, dan pemetaan batas lahan. Modul receiver ini juga didukung oleh kemampuan untuk melakukan pengukuran diferensial, yang meningkatkan keakuratan dengan menggunakan data koreksi dari stasiun referensi (base station). Dengan demikian, receiver GNSS menjadi inti dari Trimble R8s dalam menghasilkan data geospasial yang andal.

c. Konektivitas Nirkabel

Trimble R8s dilengkapi dengan opsi konektivitas nirkabel, termasuk Bluetooth dan Wi-Fi, yang memungkinkan perangkat terhubung dengan perangkat mobile atau komputer. Konektivitas ini memainkan peran penting dalam integrasi Trimble R8s dengan aplikasi mobile, sehingga pengguna dapat mengatur, memantau, dan mengelola data secara langsung dari lapangan. Dengan Bluetooth, perangkat dapat dengan mudah terhubung ke smartphone atau tablet yang mendukung aplikasi pemetaan, memungkinkan pengguna untuk mengontrol Trimble R8s tanpa perlu menggunakan kabel atau laptop. Hal ini mempermudah pengaturan perangkat dan meningkatkan efisiensi kerja, terutama di lokasi yang sulit dijangkau atau dengan akses terbatas.

d. Unit Baterai

Daya tahan baterai pada Trimble R8s sangat mendukung operasional lapangan yang intensif. Unit baterai ini dirancang untuk tahan lama, memungkinkan penggunaan berjam-jam tanpa perlu pengisian daya ulang yang sering. Hal ini penting dalam kondisi lapangan di mana akses ke sumber daya listrik mungkin terbatas. Daya tahan baterai yang baik memungkinkan tim survei untuk fokus pada pengumpulan data tanpa khawatir perangkat kehabisan daya. Selain itu, baterai Trimble R8s juga dirancang agar mudah diganti di lapangan, sehingga pengguna dapat melanjutkan pekerjaan dengan cepat jika daya baterai habis.

e. Layar dan Antarmuka Pengguna (User Interface)

Trimble R8s dilengkapi dengan antarmuka pengguna yang sederhana namun fungsional, meskipun perangkat ini lebih sering dioperasikan melalui aplikasi mobile. Antarmuka pada perangkat itu sendiri memungkinkan pengguna untuk melihat status perangkat, status sinyal, dan status daya baterai. Hal ini memberikan kenyamanan bagi pengguna dalam memantau kondisi perangkat secara cepat, terutama jika perangkat dioperasikan dalam mode mandiri tanpa aplikasi mobile. Antarmuka ini dirancang agar mudah dibaca, bahkan dalam kondisi pencahayaan yang terang, seperti di bawah sinar matahari langsung.

f. Port dan Slot Eksternal

Port dan slot eksternal pada Trimble R8s memungkinkan perangkat ini untuk terhubung dengan berbagai aksesoris

atau perangkat tambahan. Trimble R8s memiliki port USB yang memungkinkan pengguna untuk mentransfer data atau memperbarui perangkat lunak. Selain itu, terdapat slot untuk kartu penyimpanan eksternal yang dapat digunakan untuk menyimpan data dalam jumlah besar secara langsung di perangkat. Hal ini sangat berguna dalam proyek pemetaan yang membutuhkan pengumpulan data dalam jumlah besar, sehingga pengguna tidak perlu khawatir kehabisan ruang penyimpanan.

Dengan berbagai komponen utama ini, Trimble R8s mampu menjalankan fungsinya sebagai perangkat GNSS yang handal dan mudah dioperasikan. Setiap komponen memiliki peran yang krusial dalam mendukung kemampuan perangkat untuk mengumpulkan data posisi yang akurat dan dapat diandalkan.

Komponen-komponen ini tidak hanya memungkinkan Trimble R8s untuk bekerja secara efisien di lapangan, tetapi juga memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengelola perangkat serta data yang dihasilkan.

Pemahaman tentang fungsi dan kegunaan masing-masing komponen ini membantu pengguna untuk menggunakan Trimble R8s secara optimal, baik dalam kondisi lapangan yang mudah maupun yang menantang.

4. Alat Dan Bahan

Berikut diuraikan alat dan bahan yang digunakan:

- a. Trimble R8s: Receiver GNSS yang mendukung pengukuran RTK.



Gambar 73. Trimble R8

- b. Tripod: Untuk menempatkan antenna GNSS dengan stabil.



Gambar 74. Tripod

- c. Pengontrol (Controller): Bisa menggunakan laptop, tablet, atau smartphone dengan aplikasi pendukung seperti Trimble Access.



Gambar 75. Smartphone

- d. Pengukur Ketinggian (Meteran atau Teleskop): Untuk memastikan tinggi antena yang akurat.



Gambar 76. Meteran

- e. Sumber Daya Listrik: Powerbank atau baterai cadangan untuk receiver dan pengontrol.

- f. Perangkat Lunak: Trimble Business Center (untuk pengolahan data postprocessing) dan aplikasi Trimble Access (untuk kontrol di lapangan).

C. Mode Operasi RTK

1. Prinsip dasar RTK (inti 3 baris)

- a. Dua penerima: base (koordinat diketahui) mengalirkan observasi ke rover → rover memperbaiki fase-pembawa secara real-time.
- b. Double-difference + ambiguity integer (metode LAMBDA) memungkinkan solusi sentimeter dalam kondisi baik
- c. Akurasi dan waktu-ke-fix bergantung pada kualitas sinyal, link koreksi, jarak base-rover, dan multipath.

2. Mode arsitektur koreksi

- a. Single-Base RTK
 - 1) Satu base kirim RTCM via radio UHF/VHF atau internet (NTRIP). Cocok untuk radius kerja proyek kecil–menengah.
 - 2) Batas praktis jarak: umumnya $\approx 10\text{--}20$ km; makin jauh → kesalahan atmosfer makin tak berkorelasi.
- b. Network RTK (NRTK/RTN)

Server memodelkan kesalahan spasial dari banyak CORS; 3 teknik utama:

 - 1) VRS (Virtual Reference Station): server membuat base “virtual” dekat rover → baseline efektif pendek.
 - 2) FKP: siaran parameter gradien koreksi regional; rover menginterpolasi.

- 3) MAC (Master–Auxiliary Concept): kirim observasi stasiun master + auxiliary; rover memodelkan lokal.

3. Mode operasi di sisi rover

- a. Stop-and-Go (kinematik berhenti-jalan): pindah titik lalu berhenti singkat untuk fiksasi; umum untuk topografi & stake-out.
- b. Continuous Kinematic: rover terus bergerak (kendaraan/alat berat/UAV), inialisasi on-the-fly.
- c. Rapid-Static / Real-Time Static: diam agak lama per titik, hasil tetap real-time (varian vendor).
- d. Moving-Base RTK (heading/attitude): dua antena pada satu wahana—satu jadi base bergerak untuk heading/roll/pitch.

D. Prosedur Survei RTK (Topografi & Stakeout)

1. Persiapan

Pemeriksaan Peralatan:

- a. Pastikan Trimble R8s dalam kondisi baik dan terisi daya. Periksa juga semua koneksi antar komponen.
- b. Pastikan ponsel terisi daya dan aplikasi Trimble (seperti Trimble Access) terinstal dan siap digunakan.

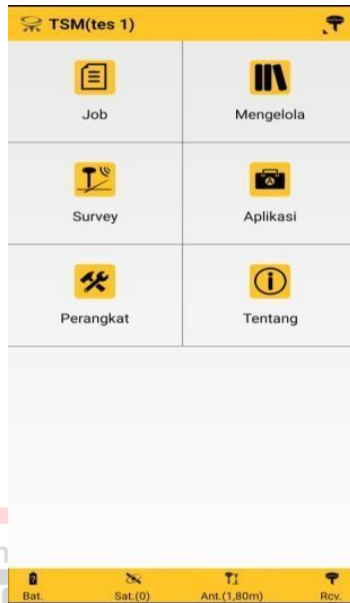
2. Pengaturan Alat

- a. Rakit perangkat Trimble R8s pada tripod sebagai base station, lalu pasang antena pada Trimble R8s. Pastikan antena terpasang dengan posisi horizontal yang stabil.



Gambar 77. Rakitan Trimble R8

- b. Nyalakan perangkat Trimble R8s dan tunggu hingga proses booting selesai.
- c. Buka aplikasi Trimble di ponsel, lalu hubungkan ponsel ke perangkat Trimble R8s melalui koneksi Bluetooth.



Gambar 78. Menu Aplikasi

- d. Di aplikasi, pilih menu Job, lalu buat job baru yang akan digunakan. Setelah itu, buka menu Receiver untuk konfigurasi alat.



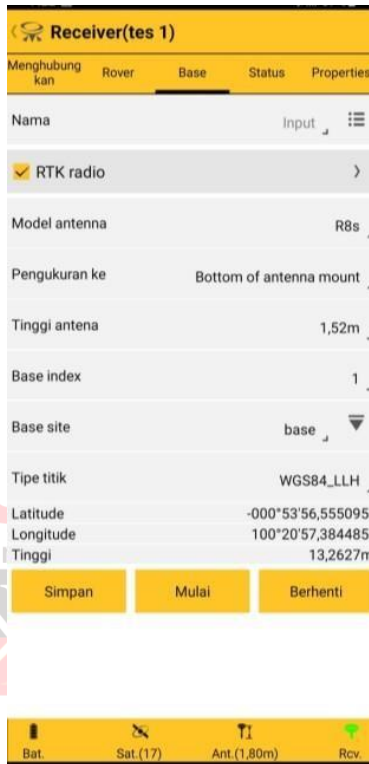
Gambar 79. Menu Job

- e. Hubungkan perangkat ponsel dengan receiver Trimble R8s sesuai kode receiver yang ditampilkan pada perangkat.



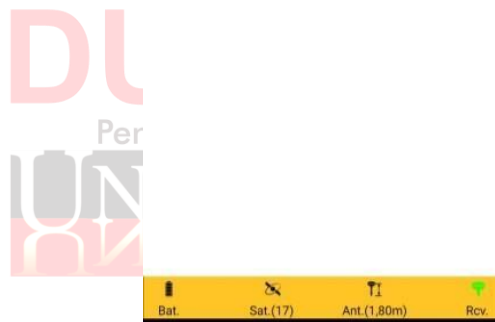
Gambar 80. Menu Reciver

- f. Atur konfigurasi base pada receiver sesuai kebutuhan lapangan yang akan dipraktikkan melalui pengaturan yang tersedia.



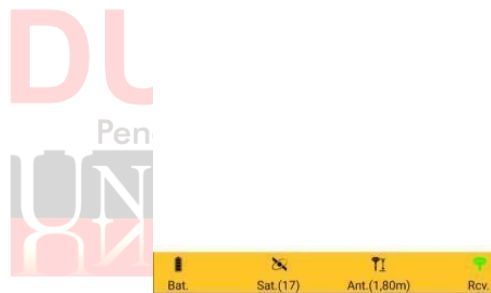
Gambar 81. Menu Base

- g. Kembali ke pengaturan Receiver, lalu putuskan koneksi dengan base dan sambungkan ke perangkat Trimble R8s lain yang akan digunakan sebagai rover.



Gambar 82. Menu Reicever

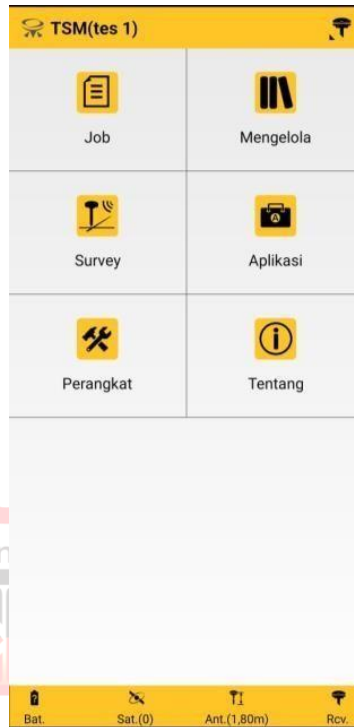
- h. Buka menu Rover, masukkan nama rover, lalu pilih opsi RTK radio dan tekan Mulai untuk memulai pengoperasian rover.



Gambar 83. Menu Rover

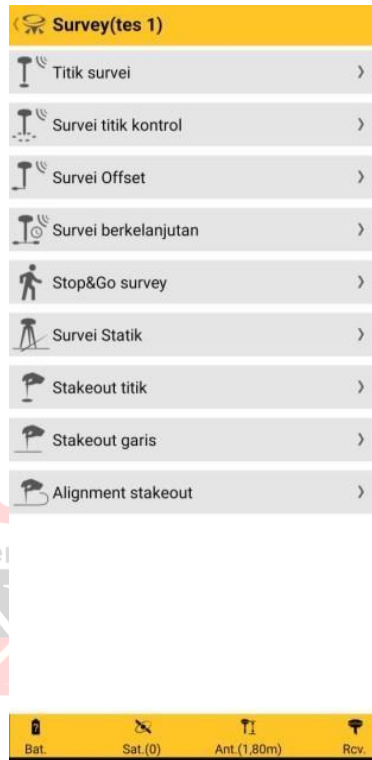
i. Pengukuran:

- 1) Kembali ke menu awal dan klik menu Survey.



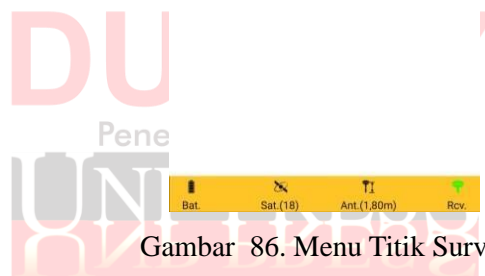
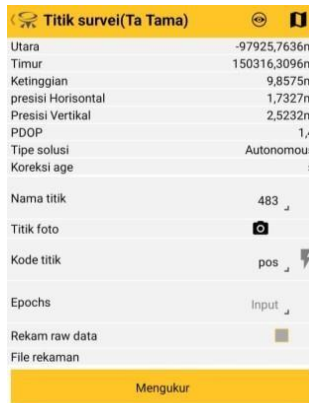
Gambar 84. Menu Aplikasi

- 2) Di menu Survey, terdapat beberapa pilihan. Pilih menu Titik Survey sesuai dengan praktek yang akan dilakukan.



Gambar 85. Menu Aplikasi

- 3) Setelah itu, atur menu yang muncul setelah menekan menu Titik Survey sesuai dengan kebutuhan praktek.



Gambar 86. Menu Titik Survei

- 4) Setelah pengaturan selesai, mulailah mengukur titik yang ingin diukur. Tunggu hingga alat menunjukkan status "Fixed" sebelum mencatat hasil.
 - 5) Ulangi pengukuran ulangi langkah di atas untuk beberapa titik yang telah ditentukan. Pastikan untuk menjaga posisi antena tetap stabil selama pengukuran.
- j. Pencatatan Data:
- 1) Catat hasil pengukuran setelah pengukuran selesai, pastikan semua data, termasuk koordinat (X, Y, Z), waktu, dan kondisi lapangan dicatat di aplikasi.
 - 2) Ambil foto alat yang sedang digunakan serta lokasi pengukuran sebagai dokumentasi

k. Pengolahan Data:

- 1) Unduh data ke ponsel setelah semua pengukuran selesai, pastikan data disimpan dengan baik di aplikasi
- 2) Proses data gunakan aplikasi Trimble untuk memproses data. Aplikasi ini biasanya memiliki fitur untuk menganalisis data dan menghasilkan laporan. Pastikan untuk memeriksa kesalahan atau anomali dalam data

E. Evaluasi

1. Diskusikan hasil setelah analisis, diskusikan hasil pengukuran dengan kelompok. Identifikasi apakah ada kesalahan atau tantangan yang dihadapi selama praktikum.
2. Berikan rekomendasi untuk perbaikan dalam praktikum berikutnya berdasarkan pengalaman yang didapat. Apa yang bisa dilakukan lebih baik? Apakah ada teknik yang bisa diperbaiki?

F. Penutup

Dengan memahami cara penggunaan Trimble R8s secara baik dan benar, mahasiswa diharapkan mampu melakukan pengukuran geodetik secara mandiri menggunakan teknologi GNSS dengan metode RTK. Penguasaan alat dan teknik pengukuran ini sangat penting, terutama dalam bidang survei dan pemetaan yang memerlukan akurasi tinggi.

BAB 6

Drone/Fotogrametri Lapangan

A. Pendahuluan

Perkembangan teknologi pesawat tanpa awak atau Unmanned Aerial Vehicle (UAV) telah memberikan perubahan besar dalam cara pengumpulan data spasial di bidang teknik sipil. Jika pada masa lalu proses survei dan pemetaan bergantung pada alat ukur konvensional seperti theodolite, waterpass, atau total station, kini drone mampu menghadirkan efisiensi yang jauh lebih tinggi dalam hal waktu, tenaga, serta akurasi hasil. UAV bekerja dengan memanfaatkan sistem navigasi satelit dan sensor kamera beresolusi tinggi yang terpasang pada badan pesawat untuk merekam citra permukaan bumi dari udara secara sistematis.

Kemampuan drone untuk terbang stabil, mengatur jalur penerbangan otomatis, dan menjangkau area sulit menjadikannya solusi unggulan dalam berbagai pekerjaan lapangan. Teknologi ini sangat bermanfaat dalam pemetaan topografi, analisis kontur, pemodelan tiga dimensi (3D), pemantauan deformasi lahan, perhitungan volume galian dan timbunan (cut and fill), hingga dokumentasi progres proyek konstruksi secara berkala. Drone juga mampu mengurangi risiko bagi surveyor yang harus bekerja di area berbahaya seperti tebing, lereng curam, atau wilayah banjir.

Selain itu, metode fotogrametri berbasis drone memungkinkan penggabungan ribuan foto udara yang saling bertumpang tindih (overlap dan sidelap) menjadi produk spasial dengan presisi tinggi.

Melalui proses pengolahan digital, citra udara tersebut dapat diubah menjadi orthofoto bergeoreferensi, Digital Elevation Model (DEM), serta point cloud tiga dimensi yang menampilkan permukaan tanah secara detail. Hasil pemetaan ini memberikan data kuantitatif yang dapat langsung digunakan dalam tahap perencanaan dan evaluasi proyek teknik sipil.

Penerapan UAV dalam survei modern juga mendukung integrasi dengan Sistem Informasi Geografis (GIS) dan Building Information Modeling (BIM), dua pendekatan yang kini menjadi standar global dalam pengelolaan informasi spasial dan desain infrastruktur. Kombinasi antara UAV, GIS, dan BIM menghadirkan sistem kerja yang lebih digital, presisi, dan kolaboratif, sehingga meningkatkan kualitas keputusan teknis serta efisiensi pengelolaan proyek. Dengan demikian, teknologi drone bukan hanya sekadar alat bantu pemetaan, melainkan telah menjadi komponen strategis dalam transformasi digital bidang teknik sipil dan konstruksi modern.

B. Platform dan Sensor

1. Jenis Platform Drone

Secara umum, platform drone yang digunakan dalam survei pemetaan dibedakan menjadi tiga jenis utama:

a. Rotary Wing (Multicopter)

Jenis ini menggunakan dua atau lebih baling-baling (rotor) untuk menghasilkan gaya angkat. Contohnya seperti DJI Phantom Series, Mavic, dan Mini 3 Pro. Keunggulannya terletak pada kemampuan manuver tinggi, dapat diam di

satu titik (hovering), serta mudah dioperasikan. Drone ini sangat cocok digunakan untuk pemetaan area terbatas seperti kawasan kampus, lokasi konstruksi, dan area perkotaan.



Gambar 87. Drone Rotary Wing DJI Mini 3 Pro (Sumber: DJI Official)

b. Fixed Wing (Sayap Tetap)

Drone jenis ini memiliki sayap seperti pesawat konvensional dan terbang karena adanya aliran udara dari dorongan propeller. Fixed wing unggul dalam efisiensi energi dan mampu menjangkau area yang luas dengan waktu terbang yang lebih lama. Cocok untuk pemetaan skala besar seperti irigasi, jalan raya, atau kawasan hutan.



Gambar 88. Drone Fixed Wing (Sumber: DJI Official)

c. **VTOL (Vertical Take-Off and Landing)**

VTOL menggabungkan keunggulan multicopter dan fixed wing. Drone ini dapat lepas landas secara vertikal namun terbang horizontal layaknya pesawat. Cocok digunakan pada wilayah yang tidak memiliki landasan datar, seperti area berbukit atau daerah terpencil.

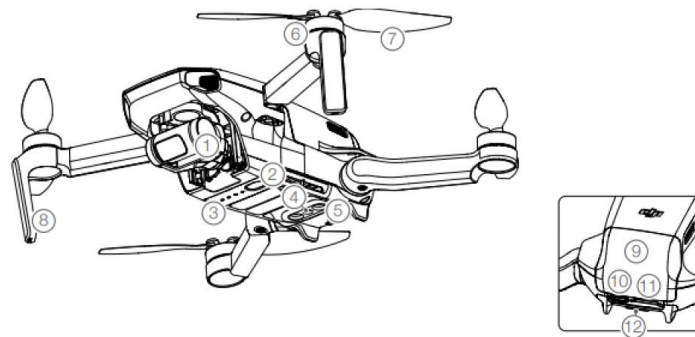


Gambar 89. Drone VTOL (Sumber: DJI Official)

2. **Komponen Utama Drone**

Komponen utama pada drone merupakan bagian-bagian penting yang memungkinkan drone bisa terbang, dikendalikan, dan

menjalankan fungsinya, seperti untuk kegiatan pemetaan. Pada pembahasan kali ini, fokus akan diberikan pada komponen utama dari drone jenis multicopter, sesuai dengan materi pelatihan yang sedang dibahas. Adapun komponen-komponen penting yang dimiliki oleh drone multicopter antara lain sebagai berikut:



- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1. Gimbal and Camera | 7. Propellers |
| 2. Power Button | 8. Antennas |
| 3. Battery Level LEDs | 9. Battery Compartment Cover |
| 4. Downward Vision System | 10. Charging Port (USB-C) |
| 5. Infrared Sensing System | 11. microSD Card Slot |
| 6. Motors | 12. Aircraft Status Indicator |

Gambar 90. Bagian Bagian Drone (DJI Official website)

a. Bagian-Bagian Drone DJI Mini 3 Pro

1) Gimbal dan Kamera

Merupakan sistem penyangga kamera yang mampu bergerak pada tiga sumbu (3-axis) untuk menghasilkan gambar atau video yang stabil. Kamera terintegrasi di sini mampu merekam dalam kualitas tinggi (hingga 4K) dengan sistem stabilisasi otomatis.

2) Tombol Daya (Power Button)

Digunakan untuk menyalakan atau mematikan drone. Biasanya juga berfungsi untuk mengecek kapasitas baterai dengan satu kali tekan.

3) Lampu Indikator Baterai (Battery Level LEDs)

Lampu-lampu kecil yang menunjukkan level sisa daya baterai. Akan menyala dalam jumlah berbeda tergantung kapasitas tersisa.

4) Sistem Sensor Bawah (Downward Vision System)

Sensor ini membantu drone mempertahankan ketinggian saat terbang rendah dan membantu saat proses pendaratan otomatis, terutama jika tidak ada sinyal GPS.

5) Sistem Sensor Inframerah (Infrared Sensing System)

Digunakan untuk mendeteksi permukaan di bawah drone guna mencegah tabrakan dan membantu menjaga kestabilan saat hovering.

6) Motor

Empat buah motor brushless yang digunakan untuk menggerakkan baling-baling (propeller) dan mengendalikan arah serta ketinggian terbang drone.

7) Baling-Baling (Propellers)

Baling-baling menghasilkan daya angkat (lift) yang memungkinkan drone terbang. Dirancang agar ringan, kuat, dan tidak menimbulkan suara bising yang tinggi.

8) Antena

Berfungsi sebagai penerima dan pemancar sinyal antara drone dan remote control. Antena ini memungkinkan komunikasi data, kontrol, serta transmisi video secara real-time.

9) Penutup Kompartemen Baterai (Battery Compartment Cover)

Bagian belakang drone tempat baterai utama disisipkan dan ditutup agar aman selama penerbangan.

10) Port Pengisian (USB-C Charging Port)

Digunakan untuk mengisi ulang baterai drone secara langsung atau untuk mentransfer data dari drone ke komputer/laptop.

11) Slot Kartu microSD (microSD Card Slot)

Tempat untuk memasukkan kartu memori eksternal yang berfungsi menyimpan hasil foto dan video yang diambil oleh drone.

12) Indikator Status Drone (Aircraft Status Indicator)

Lampu LED yang menunjukkan status penerbangan drone seperti mode GPS, konektivitas, atau peringatan kesalahan melalui warna dan kedipan tertentu.



Gambar 91. Bagian dari remote control (DJI OFFICIAL)

b. Bagian-Bagian dan Fungsinya

1) Joystick (Stik Kendali Kiri dan Kanan)

Fungsi : Mengendalikan arah penerbangan drone.

Stik kiri : naik-turun (throttle) dan rotasi kiri-kanan (yaw).

Stik kanan: maju-mundur dan geser kiri-kanan (pitch & roll).

2) Power Button (Tombol Daya)

Fungsi : Menyalakan atau mematikan remote control.

Tekan sekali lalu tekan dan tahan untuk menyalakan/mematikan.

3) Mode Switch Button (Normal/Sport/Cine)

Fungsi : Mengubah mode penerbangan:

Normal : mode standar.

Sport : kecepatan tinggi & responsif.

Cine : gerakan lambat untuk pengambilan video halus.

4) Return to Home (RTH) Button

Fungsi : Memerintahkan drone untuk kembali ke titik awal penerbangan secara otomatis.

5) Gimbal Dial (Roda Pengatur Gimbal)

Fungsi : Mengatur kemiringan kamera secara halus (tilt up/down).

6) Smartphone Holder

Fungsi : Menyimpan dan menjepit smartphone sebagai layar untuk monitoring & kontrol aplikasi DJI Fly.

7) Shutter/Record Button (Tombol Kamera)

Fungsi : Tekan untuk mengambil foto.

Tahan atau ubah ke mode video untuk merekam.

8) Customizable Button (Tombol Khusus)

Fungsi : Dapat diatur melalui aplikasi DJI Fly untuk fungsi tertentu, seperti mengubah tampilan kamera, mempercepat rekam, dll.

- 9) USB-C / Lightning / Micro USB Port
Fungsi : Menghubungkan remote dengan smartphone melalui kabel untuk kontrol aplikasi DJI Fly.
- 10) LED Battery Indicator
Fungsi : Menampilkan status level baterai remote control.

3. Sensor dan Kamera

Drone dilengkapi berbagai sensor sesuai kebutuhan survei, seperti:

a. **Kamera RGB untuk Foto Warna Natural (Umum pada Pemetaan Sipil)**

Kamera RGB (Red, Green, Blue) adalah jenis kamera yang paling umum digunakan dalam pemetaan udara, terutama untuk kegiatan teknik sipil. Kamera ini berfungsi untuk menangkap gambar dalam spektrum warna yang terlihat oleh mata manusia, sehingga hasil foto yang dihasilkan terlihat natural dan menyerupai tampilan permukaan bumi sesungguhnya. Foto udara menggunakan kamera RGB sangat penting untuk membuat orthofoto, yang merupakan representasi georeferensi dari permukaan bumi dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi.

Penggunaan kamera RGB dalam pemetaan sipil sering kali melibatkan pengambilan gambar dengan overlap dan sidelap yang tinggi, di mana foto-foto tersebut akan

digabungkan untuk menghasilkan gambar dengan ketajaman dan akurasi posisi yang sangat baik. Misalnya, dalam pemetaan topografi dan rencana jalan, foto RGB ini digunakan untuk menghasilkan peta kontur dan peta situasi, yang sangat penting untuk mendesain jalan, saluran drainase, dan infrastruktur lainnya.

Kamera RGB dengan resolusi tinggi sangat memadai untuk menghasilkan model 3D yang sangat detail, yang dapat digunakan untuk analisis struktur permukaan dan untuk perhitungan volume tanah dalam pekerjaan cut and fill pada proyek-proyek konstruksi besar.

b. Kamera Multispektral untuk Analisis Vegetasi dan Lingkungan

Kamera multispektral dilengkapi dengan berbagai sensor yang dapat merekam gambar dalam berbagai spektrum cahaya, baik yang terlihat oleh manusia maupun yang tidak tampak (seperti inframerah). Kamera ini sering digunakan dalam pemetaan yang memerlukan informasi vegetasi dan lingkungan. Dalam teknik sipil, terutama untuk proyek-proyek pengelolaan sumber daya alam, restorasi lingkungan, dan analisis perubahan lahan, kamera multispektral memungkinkan pemantauan vegetasi dengan lebih efektif dan detail.

Misalnya, dalam studi kesehatan tanaman dan tutupan vegetasi, kamera multispektral dapat mengidentifikasi indeks vegetasi (seperti NDVI - Normalized Difference Vegetation Index) yang digunakan untuk mengukur kesehatan tanaman, pertumbuhan vegetasi, dan mendeteksi stres tanaman. Pemetaan vegetasi yang tepat sangat penting dalam perencanaan irigasi, pengelolaan hutan, atau bahkan restorasi lahan pasca tambang, di mana data vegetasi digunakan untuk menganalisis efisiensi irigasi, keanekaragaman hayati, dan pengelolaan limbah.

c. Kamera Termal untuk Mendeteksi Perbedaan Suhu Permukaan

Kamera termal atau infrared berfungsi untuk mendeteksi perbedaan suhu pada permukaan objek yang dipotret. Kamera ini bekerja dengan cara mengukur radiasi inframerah yang dipancarkan oleh permukaan dan mengubahnya menjadi gambar termal yang menunjukkan perbedaan suhu dalam warna yang terlihat. Dalam pemetaan teknik sipil, kamera termal memiliki banyak aplikasi praktis, terutama dalam mendeteksi anomali suhu di berbagai objek konstruksi dan lingkungan.

Salah satu penerapan utama dari kamera termal adalah dalam inspeksi bangunan, di mana suhu permukaan dapat menunjukkan adanya masalah seperti keretakan, kebocoran, atau isolasi yang buruk pada dinding atau atap bangunan.

Di lapangan, kamera termal digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan suhu di infrastruktur energi seperti pipa, jaringan listrik, dan bendung. Selain itu, kamera termal juga sangat berguna dalam mendeteksi penurunan suhu permukaan tanah yang bisa menjadi indikator masalah dalam pekerjaan geoteknik, seperti pergerakan tanah atau longsor.

4. Pemanfaatan Teknologi Drone

Saat ini, teknologi drone dimanfaatkan dalam berbagai bidang karena kemampuannya untuk membantu, bahkan menggantikan pekerjaan manusia terutama pada tugas-tugas berisiko tinggi. Beberapa bentuk pemanfaatan drone antara lain:

- a. Dokumentasi
- b. Inspeksi objek berbahaya
- c. Pemantauan progress pembangunan
- d. Pemetaan wilayah dan koridor
- e. Pemodelan 3D
- f. Perhitungan volume Cut and fill
- g. Perhitungan pokok pohon sawit
- h. Pemetaan kawasan hutan
- i. Pemetaan kawasan pesisir

5. Aplikasi untuk Penerbangan Drone

Drone membutuhkan aplikasi yang berguna untuk menyambungkan antara smartphone-remote control-aircraft.

Berikut Adalah Beberapa aplikasi untuk menerbangkan drone yaitu:

a. DJI GO

DJI GO adalah aplikasi resmi dari produsen drone DJI yang dirancang khusus untuk mengoperasikan drone bermerek DJI. Aplikasi ini dapat dijalankan di perangkat Android maupun iOS. Melalui aplikasi ini, pengguna dapat melakukan berbagai pengaturan, seperti kalibrasi komponen drone, pengaturan batas ketinggian dan jarak terbang. Selain itu, DJI GO juga dilengkapi dengan berbagai fitur penerbangan pintar (smart mode) seperti Follow Me, Active Track, TapFly, dan lainnya, yang memudahkan pengguna dalam mengendalikan drone secara otomatis.

b. DJI PILOT

DJI Pilot adalah aplikasi resmi dari DJI yang memiliki fungsi serupa dengan DJI GO, yaitu untuk mengoperasikan drone bermerek DJI. Aplikasi ini sering digunakan baik untuk penerbangan manual maupun otomatis. Salah satu keunggulannya adalah kemampuan membuat dan mengatur jalur terbang langsung di dalam aplikasi, sehingga sangat memudahkan dalam kegiatan pemetaan wilayah.

c. DRONE DEPLOY

DroneDeploy adalah salah satu aplikasi yang digunakan untuk menerbangkan drone sekaligus melakukan pemetaan. Aplikasi ini dikenal karena kemudahannya dalam merancang jalur penerbangan secara otomatis, sehingga

banyak digunakan dalam kegiatan pemetaan. Namun, saat ini DroneDeploy merupakan aplikasi berbayar untuk dapat mengakses seluruh fitur operasionalnya.

d. PIX4D

Pix4D memiliki fungsi yang hampir sama dengan DroneDeploy, namun menawarkan berbagai fitur tambahan yang memudahkan pengguna. Salah satu keunggulannya adalah kemampuan untuk membuat model 3D dengan lebih praktis melalui penggunaan template khusus. Selain itu, Pix4D juga menyediakan berbagai jenis template yang dirancang sesuai dengan tujuan pemetaan tertentu, sehingga proses pengolahan data menjadi lebih efisien dan terarah.

e. LITCHI

Litchi merupakan aplikasi yang lebih advance dari Pix4D dan Drone Deploy. Kemampuan litchi yang dapat menyimpan misi dengan baik membuat pilot merasa lebih aman apabila drone disconnected dari remote controlnya. Litchi merupakan aplikasi berbayar yang biasa digunakan oleh professional untuk melakukan pemetaan pada area yang luas.

C. Konsep Kunci Pemetaan Udara

1. Fotogrametri

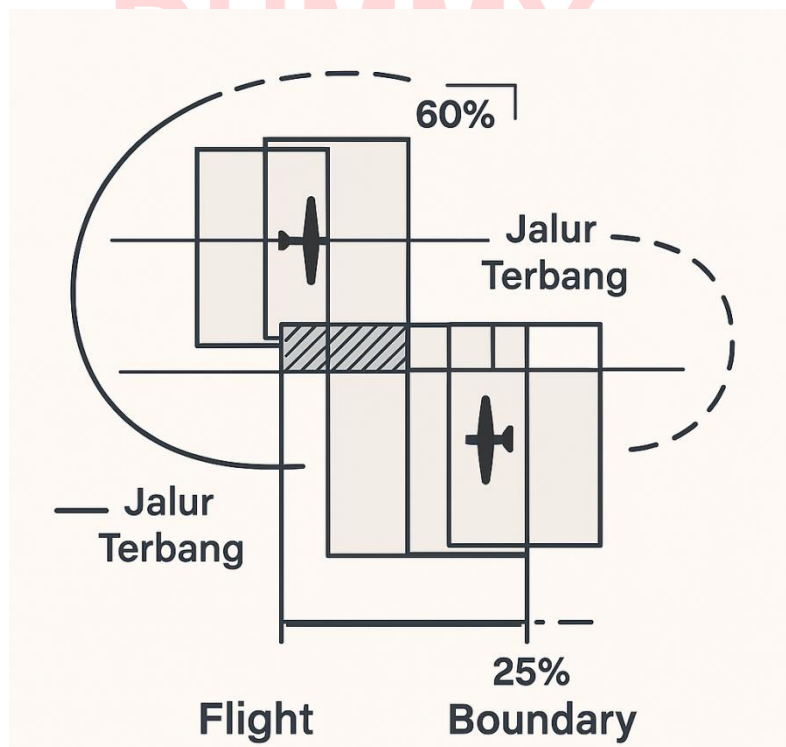
Fotogrametri merupakan salah satu disiplin ilmu yang berfokus pada perolehan data serta informasi mengenai objek atau fenomena melalui kegiatan pencatatan, pengukuran, dan analisis gambar udara. Proses pemetaan dengan metode fotogrametri dilakukan dengan memanfaatkan foto udara yang saling

tumpang tindih (overlap) sebagai sumber utama. Pada tahapan ini, dilakukan analisis visual sekaligus pengolahan geometri sehingga dihasilkan peta orthofoto maupun peta garis dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Untuk memastikan skala dan bentuk geometrinya sesuai kondisi nyata, dilakukan proses restitusi foto, baik melalui rektifikasi tunggal maupun pemodelan stereo. Kegiatan ini memerlukan keberadaan titik kontrol yang koordinatnya telah ditentukan sebelumnya sebagai acuan. Metode pemetaan ini sangat efisien terutama bila diterapkan pada area yang memiliki cakupan luas.

2. Teori Perencanaan Jalur Terbang

Dalam pengambilan foto udara, diperlukan perencanaan yang matang sebelum pelaksanaan pemotretan. Perencanaan ini bertujuan untuk menjaga stabilitas drone atau pesawat tanpa awak selama proses pengambilan gambar. Jalur terbang biasanya dirancang sejajar dan memanjang, agar setiap foto yang diambil saling bertampalan. Tampilan ini disebut overlap, yaitu bagian yang tumpang tindih antara satu foto dengan foto berikutnya dalam urutan jalur terbang yang sama. Umumnya, nilai overlap yang digunakan adalah sekitar 60%. Artinya, misalnya foto X1 memiliki 60% area yang sama dengan foto X2. Tujuan dari overlap adalah untuk menghindari adanya area kosong yang tidak terfoto, terutama karena kecepatan terbang pesawat cukup tinggi saat perekaman.

Selain overlap, pemotretan juga memerlukan sidelap, yaitu bagian tumpang tindih antara foto-foto yang diambil dari jalur terbang yang berbeda. Sidelap ini biasanya sekitar 25%, di mana suatu wilayah yang sudah direkam dari jalur terbang pertama akan kembali terliput sebagian pada jalur berikutnya. Sidelap penting untuk memastikan cakupan wilayah secara menyeluruh tanpa celah di antara jalur terbang. Ilustrasi mengenai konsep overlap dan sidelap dapat dilihat pada gambar di bawah:



Gambar 92. Jalur Terbang

Ketinggian terbang drone sangat berpengaruh terhadap nilai Ground Sampling Distance (GSD) atau tingkat ketajaman (resolusi) piksel pada foto udara yang dihasilkan. Semakin

tinggi drone terbang, maka nilai GSD-nya akan semakin besar, yang berarti resolusi gambar menjadi lebih rendah. Sebaliknya, semakin rendah ketinggian terbang, maka nilai GSD lebih kecil dan gambar yang dihasilkan menjadi lebih detail. Untuk keperluan pemetaan, nilai GSD yang umum dijadikan acuan adalah sekitar ± 5 cm per piksel.

Ground Sampling Distance (GSD) merupakan ukuran resolusi spasial dari foto udara, yang menunjukkan seberapa besar luas permukaan tanah yang direpresentasikan oleh satu piksel dalam citra. Baik pada foto udara maupun citra satelit, GSD menggambarkan rasio antara ukuran di citra dengan ukuran sebenarnya di lapangan. Semakin kecil nilai GSD, maka semakin tinggi tingkat ketelitian dan ketajaman gambar.

Dalam pemotretan menggunakan pesawat tanpa awak (drone), nilai GSD umumnya ditentukan sebelum penerbangan berlangsung. Nilai ini dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$GSD = \frac{\text{Flight Height} \times \text{Sensor height (mm)} \times \text{flight height (m)} \times 100}{\text{Focal length (mm)} \times \text{image height (pixel)}}$$

Keterangan:

GSD = Ground Sampling Distance (cm/pixel)

H = Tinggi terbang drone dari permukaan tanah (dalam cm)

Sensor Width = Lebar sensor kamera (dalam mm)

f = Panjang fokus lensa kamera (dalam mm)

Image Width = Lebar citra (jumlah piksel dalam lebar gambar)

Misalnya, nilai GSD 3 cm/piksel menyatakan bahwa satu piksel pada foto udara sama dengan 3 cm pada ukuran sebenarnya. Semakin besar nilai GSD pada foto udara, maka resolusi spasial yang dihasilkan akan semakin rendah, dan tingkat kedetailan dari objek-objek pada foto udara akan semakin berkurang. Apabila pengguna ingin mendapatkan hasil foto udara yang jelas dan detail, maka nilai GSD yang digunakan harus kecil.

3. Ground Control Point

Titik Kontrol Tanah (Ground Control Point/GCP) adalah tanda khusus yang dipasang di lapangan dan diukur dengan alat GPS atau GNSS untuk mendapatkan koordinat yang akurat. GCP sangat penting untuk meningkatkan ketelitian foto udara karena membantu memperbaiki posisi dan bentuk gambar agar sesuai dengan kondisi nyata. Akurasi GCP dipengaruhi oleh jenis alat GPS, jumlah titik yang digunakan, serta lokasi dan waktu pengukuran. Pemasangan dan pengukurannya mengikuti standar SNI 19-6724-2002 dan Peraturan Kepala BIG No. 6 Tahun 2018. GCP ini nantinya digunakan untuk mengikat foto udara dari drone (UAV) agar dapat diolah menjadi citra yang akurat secara spasial (ortorektifikasi). Dalam proses penyiapan GCP, diperlukan pemasangan premark sebagai penanda lokasi titik kontrol. Premark ini umumnya dibuat dalam bentuk tanda silang, di mana titik tengah—yaitu titik yang menjadi acuan pengukuran—berada tepat di perpotongan garis silang tersebut.

Desain premark seperti ini bertujuan agar titik dapat dikenali dengan jelas pada citra udara. Contoh bentuk premark dapat dilihat pada gambar berikut:



Pene Gambar 93. Premarkkan

Warna premark juga biasanya dipilih warna yang mencolok agar terlihat pada saat pengolahan foto udara.

D. Perencanaan misi

1. Persiapan Terbang

Sebelum melakukan pengoperasian drone, perlu diperhatikan terkait kondisi drone, lokasi penerbangan apakah banyak obstruksi pepohonan, Gedung dan lain sebagainya. Berikut

beberapa komponen yang harus diperhatikan sebelum, saat, dan setelah penerbangan.

a. Persiapan sebelum penerbangan drone

- 1) Cek kondisi cuaca
- 2) Pastikan kartu memori tersedia
- 3) Baterai drone terisi penuh
- 4) Baterai remote terisi penuh
- 5) Aplikasi (misalnya: DJI Fly, Pix4D, dsb) sudah siap digunakan
- 6) Peroleh izin penerbangan dari area sekitar (jika diperlukan)
- 7) Lakukan riset area penerbangan (misalnya: kondisi topografi, penghalang, sinyal GPS).

b. Sebelum take off

- 1) Kompas sudah terkalibrasi GPS drone sudah siap
- 2) Memasang baterai dan kartu memori
- 3) Cek kekuatan sinyal GPS
- 4) Gimbal sudah dikalibrasi RTH mode sudah diatur
- 5) Memasang propeller dengan benar
- 6) Tidak ada warning

c. Selama misi/ penerbangan

- 1) Memastikan drone tetap connect (pemetaan)
- 2) Drone terlihat oleh pilot (jika mungkin)
- 3) Gerakan drone sesuai arah misi (pemetaan)
- 4) Cuaca tetap baik (angin, mendung)
- 5) Cek foto dan video yang sudah terambil
- 6) Cek kondisi drone

d. Setelah landing

- 1) Matikan drone dan remote
- 2) Membereskan drone dan peralatan lain

2. Auto Take Off dan Landing Drone

a. Take Off Otomatis

Gunakan fitur ini hanya jika semua indikator Drone sudah normal,

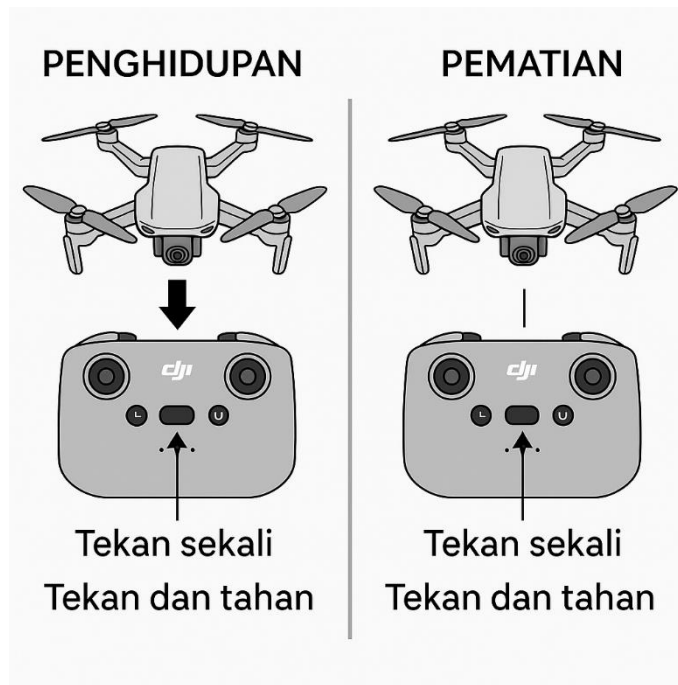
- 1) Nyalakan Drone dan buka aplikasi DJI GO 4
- 2) Ketuk menu “camera”
- 3) Lengkapi semua persiapan penerbangan
- 4) Ketuk icon, ikuti instruksi
- 5) Drone akan terbang pada ketinggian 1.2meter dari permukaan take off

b. Pendaratan Otomatis

- 1) Ketuk icon
- 2) Anda dapat membatalkan fungsi ini dengan cara mengetuk icon cross pada layar DJI GO
- 3) Setelah mendarat, mesin akan mati secara otomatis

3. Menghidupkan dan mematikan mesin drone

Untuk menghidupkan mesin pada drone, cukup menekan tombol 1x 2x tahan. Untuk mematikan mesin, cukup menekan tombol 1x 2x tahan sama seperti menghidupkan drone.

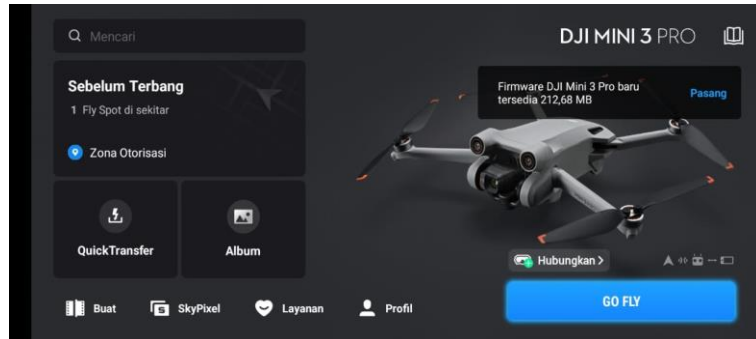


Gambar 94. Menghidupkan dan mematikan drone

4. Pengoperasian DJI FLY

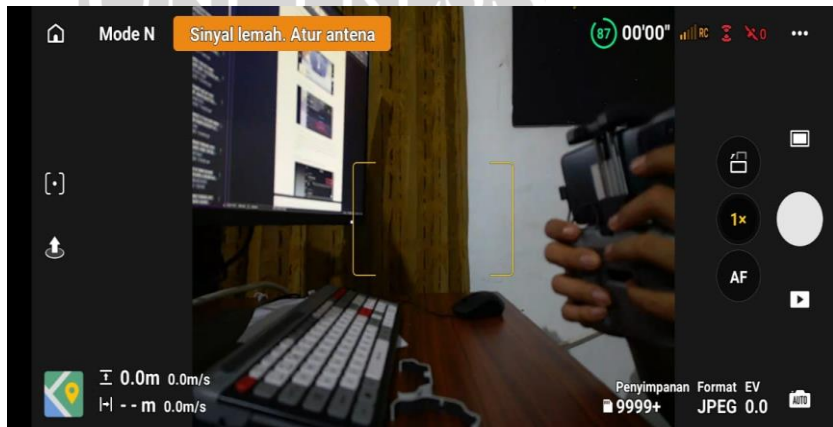
Aplikasi DJI Fly digunakan sebagai penghubung antara drone dan smartphone untuk mengatur parameter-parameter pada drone yang juga mempengaruhi cara drone terbang saat pemetaan. Contohnya parameter Ketinggian maksimum, radius terbang maksimum, indicator battery yang menyebabkan drone return to home, kalibrasi kompas. Parameter tersebut jika terdapat salah pengaturan dapat membahayakan misi pemetaan yang sedang berjalan. Pada bab ini dijelaskan cara pengaturan parameter-parameter tersebut dan cara pengaturan foto serta videonya.

- a. Nyalakan Drone dan buka aplikasi DJI Fly

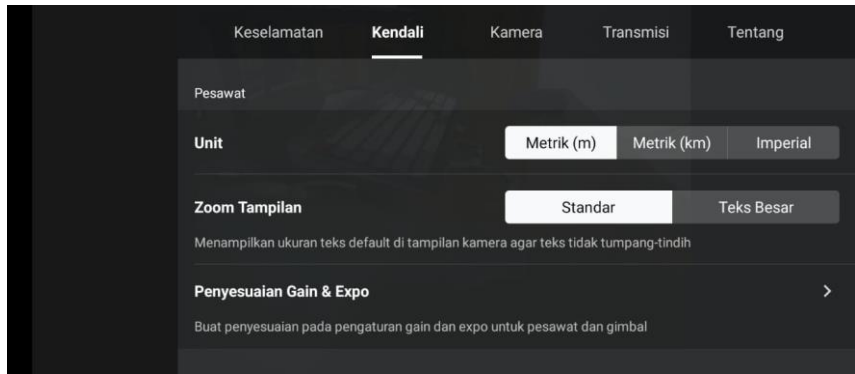


Gambar 95. Aplikasi DJI Fly

- b. Kalibrasi Gimbal otomatis pada bagian sebelah kanan atas titik 3



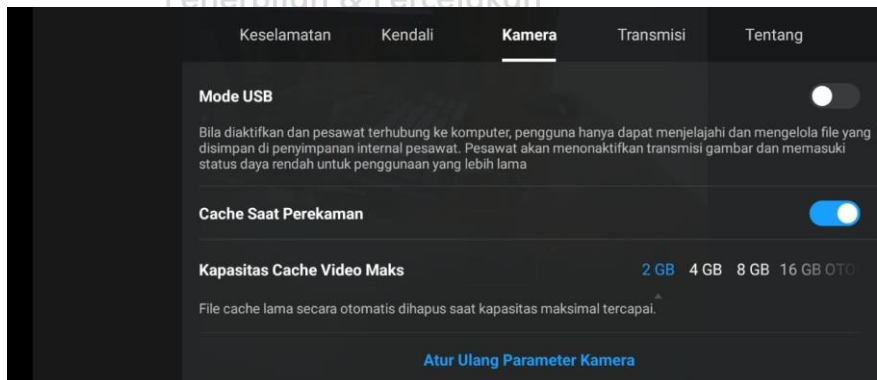
Gambar 96. Kalibrasi open



Gambar 97. Kalibrasi mulai

Drone sering membutuhkan kalibrasi gimbal dikarenakan beberapa hal. Biasanya perintah tersebut muncul Ketika membuka aplikasi DJI Fly. Cara kalibrasi yang dapat dilakukan yaitu klik seperti gambar diatas kemudian tunggu hingga drone melakukan kalibrasi gimbal dengan sendirinya.

c. Pengaturan parameter drone sebelum penerbangan

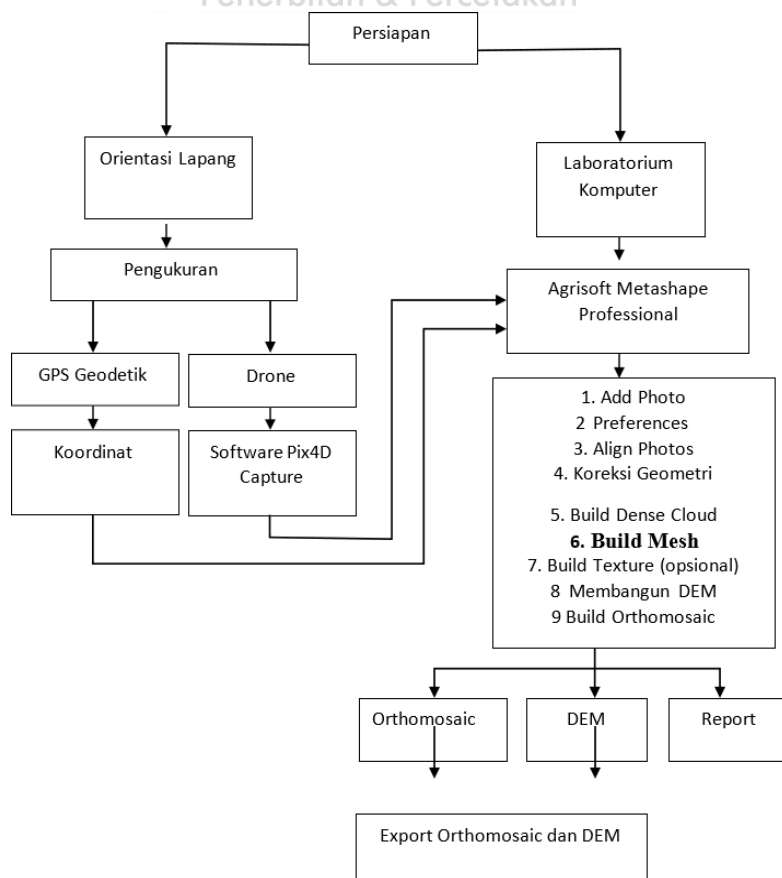


Gambar 98. Pengaturan Prameter

Gambar diatas menunjukkan 2 parameter penting yang perlu di lakukan pengaturan sebelum melakukan penerbangan. Pengaturan tersebut berhubungan dengan keselamatan penerbangan drone yaitu RTH altitude (ketinggian terbang drone saat harus Kembali ke titik awal) dan Maximum altitude (ketinggian maksimum terbang drone).

E. SOP Pra, Saat, dan Pasca Terbang

1. Diagram Alur Tahapan



Gambar 99. Tahapan Pemetaan Menggunakan drone

Pelaksanaan pemetaan berbasis drone dimulai dengan tahap persiapan. Secara umum, alur pemetaan ini terdiri dari dua tahapan pokok, yaitu orientasi lapangan (pengumpulan data lapangan) serta analisis data menggunakan perangkat lunak komputer, salah satunya Agisoft Metashape Professional. Pada tahap orientasi lapangan, kegiatan utama meliputi pengukuran koordinat Ground Control Point (GCP) dengan GPS geodetik serta pengambilan foto udara menggunakan aplikasi Pix4D Capture. Seluruh data yang terkumpul kemudian diproses dan dianalisis melalui perangkat lunak Agisoft Metashape Professional.

Tahapan pemrosesan pada perangkat lunak ini meliputi beberapa langkah, yaitu:

- a. Menambahkan foto,
- b. Mengatur preferensi PhotoScan,
- c. Menyelaraskan foto,
- d. Melakukan koreksi geometri,
- e. Membentuk *dense cloud*,
- f. Membuat *mesh*,
- g. Menambahkan tekstur (opsional),
- h. Menyusun DEM, dan
- i. Menghasilkan *orthomosaic*.

Melalui tahapan tersebut diperoleh produk akhir berupa citra *orthomosaic*, DEM, serta laporan hasil analisis. Apabila diperlukan untuk pemrosesan lanjutan, data tersebut dapat

diekspor dalam format GeoTiff baik untuk *orthomosaic* maupun DEM. Ilustrasi rinci dari tahapan ini dapat dilihat pada gambar di atas.

2. Pengambilan Data Drone Menggunakan Pix4D

Pix4D merupakan perusahaan yang berpusat di Swiss dan berdiri sejak tahun 2011. Perusahaan ini bergerak di bidang pemetaan berbasis drone, termasuk pembuatan model profesional serta georeferensi dari citra yang dihasilkan drone. Dalam kegiatan pemetaan dengan drone, terdapat sejumlah aplikasi yang disediakan oleh Pix4D untuk mendukung proses tersebut.

Perangkat	Aplikasi	Manfaat
Smartphone	DJI GO / DJI GO4	Aplikasi Bawaan DJI
Smartphone	Drone Deploy	Pembuat Misi Pemetaan
Smartphone	Pix4DCapture	Pembuat Misi Pemetaan
iPad	GSPro	Pembuat Misi Pemetaan
PC	Agisoft Photoscan*	Image Processing
PC	Pix4DMapper*	Image Processing
PC	Autocad*	Data Analisis
PC	Global Mapper*	Data Analisis
PC	Adobe Lightroom*	Kalibrasi Foto
PC	Arcgis*	Data Analisis dan Layout

Gambar. 6.13. Perangkat Dan Aplikasi Software yang Sesuai Untuk Drone

a. Perangkat lunak Pix4D Capture

Pix4Dcapture merupakan aplikasi berbasis mobile yang dapat digunakan pada perangkat iOS maupun Android. Aplikasi ini bekerja dengan sangat baik pada iPhone, namun

pada perangkat Android terkadang masih ditemui kendala. Untuk pengguna Android, instalasi tambahan aplikasi **CTRL+DJI** diperlukan agar dapat berfungsi optimal. Fungsi utama dari Pix4Dcapture adalah untuk merancang dan mengatur misi penerbangan drone dalam kegiatan pemetaan.



Gambar 100. Aplikasi Pix4D Capture

Jenis – jenis misi yang bisa di pilih adalah sebagai berikut:

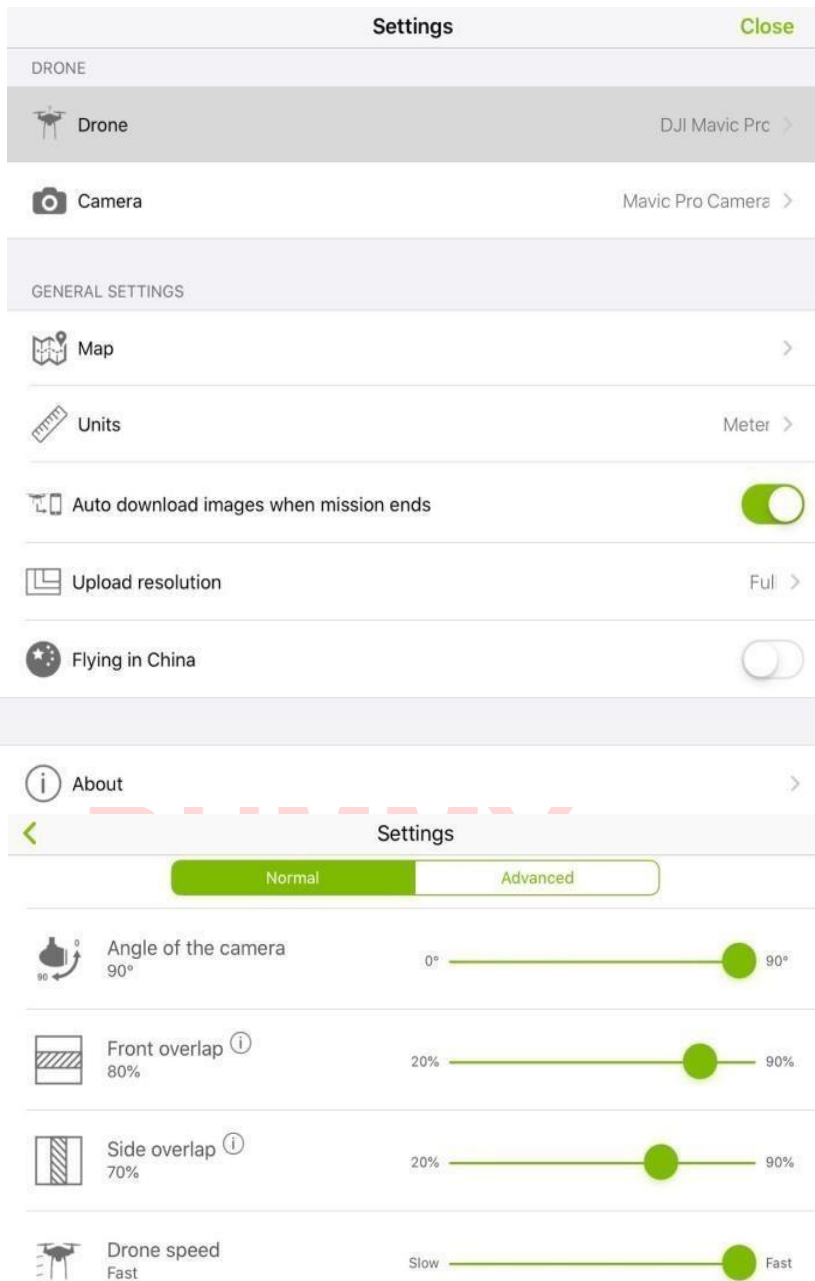
- 1) Polygon
- 2) Grid Mission
- 3) Double Grid Mission
- 4) Circular Mission
- 5) Freeflight



Gambar 101. Jenis Misi Dalam Pix4D Capture








b. Pengaturan Aplikasi Pix4D Capture










Gambar 102. Pengaturan (setting) Pix4D Capture

Tabel 9. Penjelasan icon pada menu setting Pix4D Capture

icon	Pilihan	Diskripsi
	Choose Drone	Memilih drone yang anda gunakan
	metrics	Memilih system satuan pengukuran yang anda inginkan, tersedia 2 pilihan, yaitu meter meterdan feet.
	Sync Setting	Digunakan untuk memilih apakah mau disinkronkan secara otomatis (<i>Yes</i>) ataudisinkronkan secara manual (<i>No</i>).
	Fly in China	Memperbaiki geolokasi gambar jika terbang di China saja, Ya , jika tidak seharusnya tidak diaktifkan, Tidak (default).
	Image resolution	Menentukan resolusi gambar untuk diunggah dan diproses di cloud, Penuh (default) atau Setengah.Unggah gambar <i>half</i> akan mengurangi ukuran gambar dari 5 MB menjadi 1 MB. Hal ini akan membuat waktu upload lima kali lebih cepat.
	Camera Angle	Menentukan sudut kamera dari kisaran antara 0° (<i>horizontal</i>) dan 90° (<i>vertikal</i>).
	Overlap	Overlap terbagi menjadi 2, yaitu Front overlap untuk depan dari rentang antara 70% dan 90%. dan Side Overlap untuk samping (sisi).

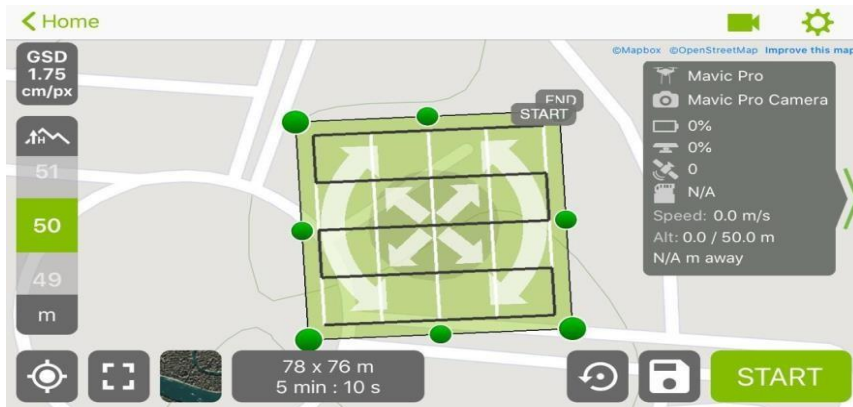
	<p>Trigger Mode</p>	<p>Memilih antara mode Aman atau mode Cepat (<i>default</i>). Safe Mode : Drone berhenti untuk mengambil setiap gambar. hal ini meningkatkan waktu penerbangan. Namun, titik arah tempat memicu shutter kamera didefinisikan dan diunggah ke drone sebelum memulai misi. Ini berarti drone dapat menerbangkan misi tanpa membutuhkan koneksi dengan aplikasi. (sekali pun hilang sinyal remot dan drone, foto tetap akan terambil). Fast Mode : Aplikasi harus mengirim pesan sinyal ketika rana harus dipicu. Mode ini tidak perlu berhenti untuk mengambil gambar tetapi koneksi dengan drone harus dijaga tanpa gangguan.</p>
	<p>Drone Speed</p>	<p>Digunakan untuk memilih laju drone, Fast, Slow dan Medium. Kecepatan Fast sesuai dengan 100% dari kecepatan maksimum yang berarti bahwa kecepatan berkisar antara 2 dan 8 m/s. Mengurangi kecepatan mungkin membantu untuk menghindari pengambil gambar buram. Lima jenis kecepatan yang tersedia adalah: <i>Slow</i> : 60% dari kecepatan maksimum. <i>Slow +</i> : 70% dari kecepatan maksimum. <i>Normal</i> : 80% dari kecepatan maksimum. <i>Normal +</i> : 90% dari</p>

		kecepatanmaksimum. <i>Fast</i> : Kecepatan maksimum.
	White Balance	Memilih antara <i>Auto</i> (default), <i>Sunny</i> atau <i>Cloudy</i> .
	Ignore_Ho mepoint	Memilih antara Tidak (default) atau Ya untuk memulai misi bahkan jika homepoint lebih jauh dari 150 meter dari pusat grid.
	Center Grid	Mengatur apakah drone harus berorientasi terhadap pusat grid saat mengambil gambar, Ya (<i>default</i>) atau tidak.

c. Tampilan Misi

Tampilan Peta adalah tampilan beranda misi. Dimungkinkan untuk mengatur Maps (default) atau latar belakang Citra Satelit. Tampilan Peta memiliki fungsi-fungsi berikut:




- 1) Sebelum misi: mengatur dan melihat karakteristik penerbangan (lokasi, ukuran, pemicu gambar, properti, dll).
- 2) Selama misi: Menampilkan homepoint, lokasi drone, jalur penerbangan, posisi gambar, telemetri penerbangan, dll.








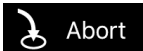


Gambar 103. Tampilan Misi pada beranda






Berikut penjelasan icon yang akan muncul:

Tabel 10. Penjelasan Icon pada menu beranda misi.

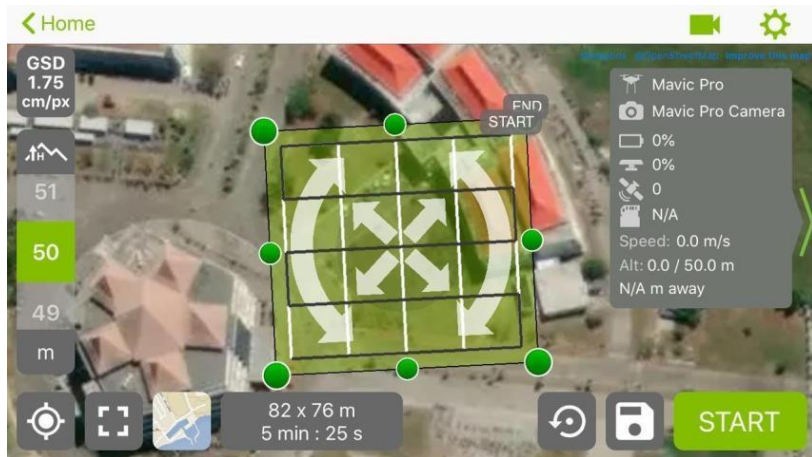
Gambar	Deskripsi
	<p>Menampilkan posisi perangkat, yang berarti posisi pengguna (Pilot). Inihanya muncul jika layanan lokasi dari perangkat diaktifkan.</p>
	<p>Memusatkan tampilan Peta pada posisi perangkat.</p>
	<p>Menunjukkan <i>homepoint</i> yang sesuai dengan lokasi di mana Drone <i>takeoff</i>. Pada akhir penerbangan ketika melakukan Misi Grid , Misi DoubleGrid atau Misi Edaran , drone mendarat secara otomatis di <i>homepoint</i>.</p>

	Menyetel latar belakang <i>Roadmap</i>
	Menyetel latar belakang <i>Satelit</i>
	Menunjukkan lokasi tempat gambar diambil.
	Mengatur ketinggian misi penerbangan
	Menunjukkan titik akhir misi terakhir. Ketika drone mencapai titik ini, ia kembali ke homepoint dan mendarat secara otomatis.
	Memindahkan penerbangan ke lokasi tampilan Peta saat ini
	Memulai proses penerbangan pemetaan menggunakan drone, pastikan anda sudah memahami SOP nya.
	Membatalkan misi dan kembali ke homepoint untuk mendarat. Gambaryang sudah diambil akan disinkronkan dengan perangkat.

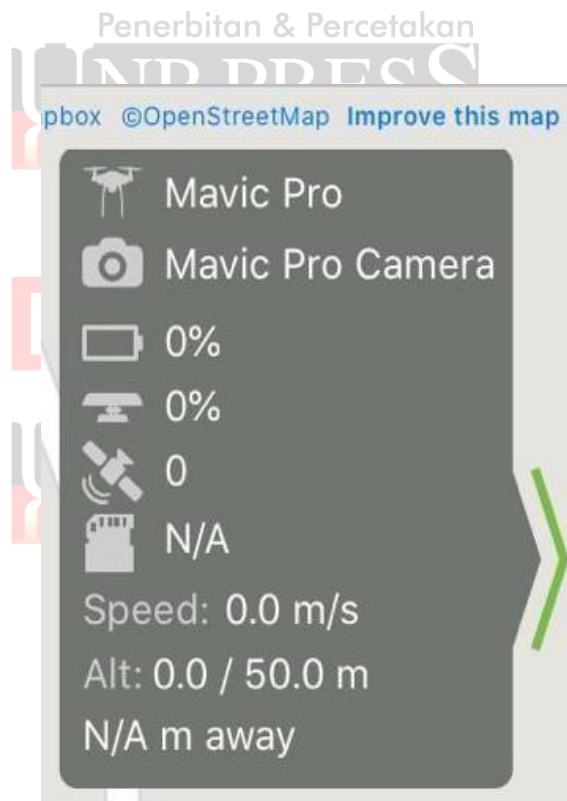
Indikator Warna, Sebuah flight plan biasanya memiliki indikator yang berbeda, seperti:

- a. Hijau: Misi sangat bagus, dan drone siap diterbangkan
- b. Kuning: Peringatan, namun drone tetap bisa terbang
 - 1)  FLIGHT TIME: Ukurannya mungkin terlalu besar untuk menerbangkan misi dengan baterai yang terisi penuh.
 - 2)  HIGH: Ketinggian mungkin terlalu tinggi terkait ketinggian maksimum yang diizinkan untuk menerbangkan drone.
- c. Orange: Misi tidak valid, anda tidak bisa melanjutkan misi, buat ulang.
 - 1)  FLIGHT TIME: Ukurannya terlalu besar untuk dapat menerbangkan seluruh misi dengan baterai yang terisi penuh.
 - 2)  TOO FEW IMAGES: Gambar terlalu sedikit, ukurannya terlalu kecil untuk memberikan hasil yang optimal setelah diproses.
 - 3)  TOO HIGH: Ketinggiannya terlalu tinggi untuk memastikan konektivitas yang memadai.

Camera View, Fitur ini berguna untuk menampilkan View kamera. Jadi anda langsung bisa melihat apa yang terpotret oleh kamera drone selama terbang.







Gambar 104. Camera view pada drone



Gambar 105. Telemetri penerbangan pada drone

Tabel 11. Keterangan telemetri penerbangan pada drone

ICON	KETERANGAN
Status	Status drone <i>Connected</i> dan <i>Disconnected</i>
	Bateri drone
	Baterai Remote Kontrol
	Jumlah Satelit yang tertangkap oleh drone
	Kapasitas penyimpanan memori card
<i>Speed</i>	Laju drone
<i>Alt</i>	Ketinggian Drone

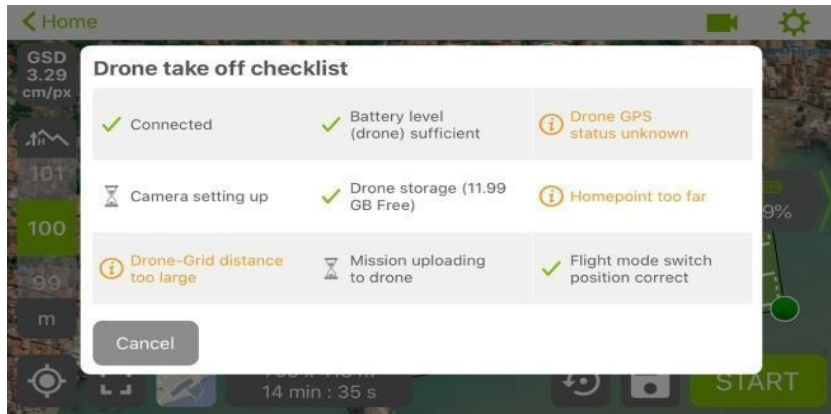
d. Memulai misi

Setelah klik icon  secara otomatis akan muncul peringatan dan status koneksi drone.



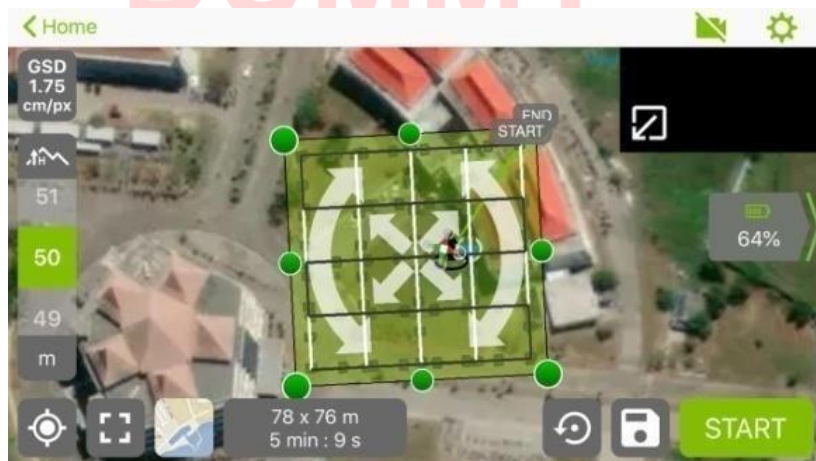
Gambar 106. Memulai misi

Setelah klik Next, akan terbuka pop up checking.



Gambar 107. Verifikasi memulai misi pada Pix4D.

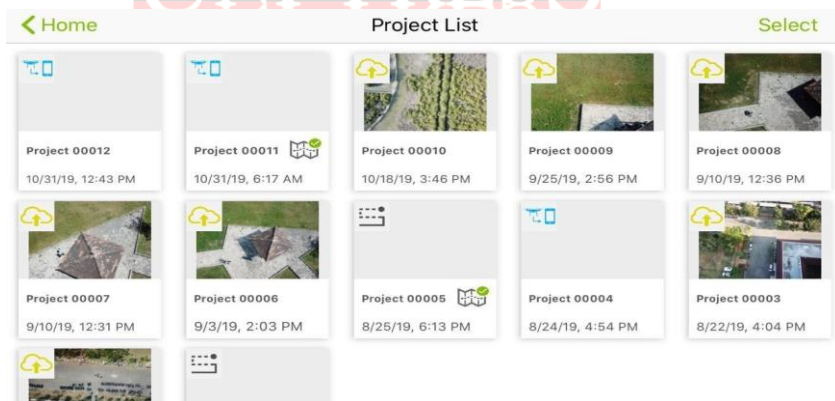
- a. ✓ Item divalidasi
- b. ? Sedang di cek
- c. ⓘ Pemeriksaan item gagal. Anda dapat mengetuk ikon untuk mendapatkan informasi lebih lanjut.





Gambar 108. Proses pemfotoan misi dimulai





e. Manajer Misi



Gambar 109. Project List misi yang pernah dilakukan



Mission Manager menampilkan semua misi yang telah diterbangkan dengan perangkat dan memungkinkan untuk mengkonversikannya ke model dan peta 3D. Mission Manager toolbar memiliki dua tombol: Home: Kembali ke layar Utama. Select: Memungkinkan untuk memilih beberapa misi dan menghapusnya.

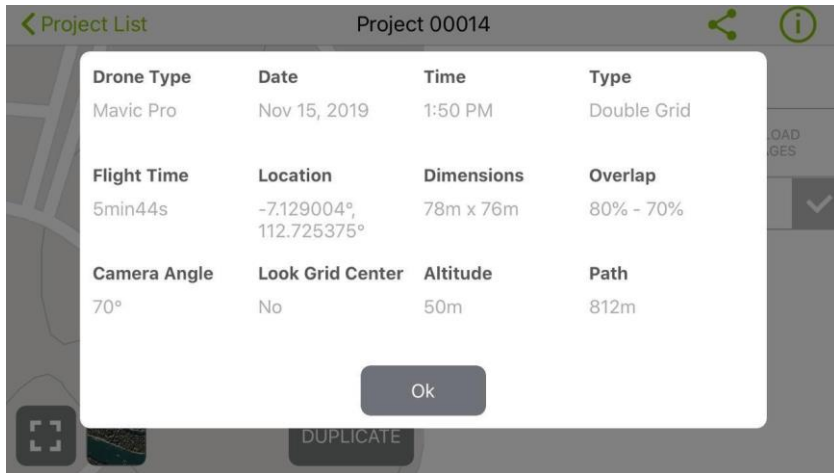
Tabel 12. Arti icon pada setiap misi

			
Misi belum disinkronkan	Kesalahan Misi	Misi belum diunggah	Misi berhasil diunggah
Misi itu diterbangkan tetapi gambar yang diambil hanya disimpan di memori Drone dan harus ditransfer ke perangkat.	Ada kesalahan dalam melakukan transfer misi	Misi yang diterbangkan berhasil di sinkronkan ke perangkat, tinggal di unggah ke Cloud	Misi sudah di upload ke Cloud

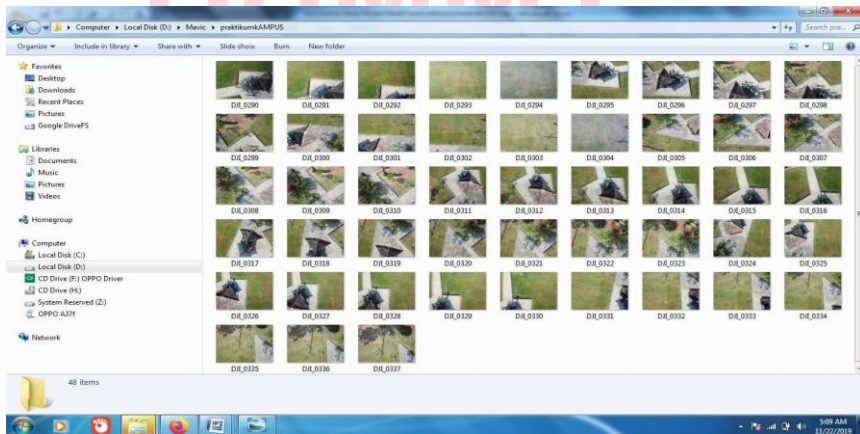


Gambar 110. Misi yang telah dilakukan

- a.  Memungkinkan anda untuk berbagi project via email
- b.  Melihat Detail Misi



Gambar 111. Keterangan detail misi yang dilakukan

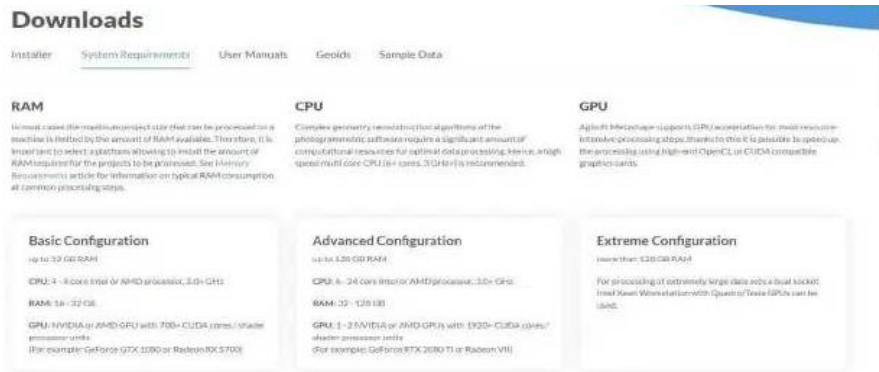


Gambar 112. Foto hasil citra drone

F. Evaluasi Hasil Pemetaan

Pengolahan citra udara dilakukan dengan bantuan perangkat lunak yang menggunakan algoritma Structure from Motion (SfM), yaitu suatu metode pembentukan objek berdasarkan titik-titik yang dihasilkan dari pergeseran posisi foto. Secara sederhana, perangkat lunak berbasis SfM mampu memproses foto secara otomatis sesuai parameter yang ditentukan oleh pengguna. Beberapa aplikasi yang umum digunakan antara lain Agisoft, Pix4DMapper, dan RealityCapture. Dalam pelatihan ini, perangkat lunak yang dipakai adalah Agisoft Metashape Pro.

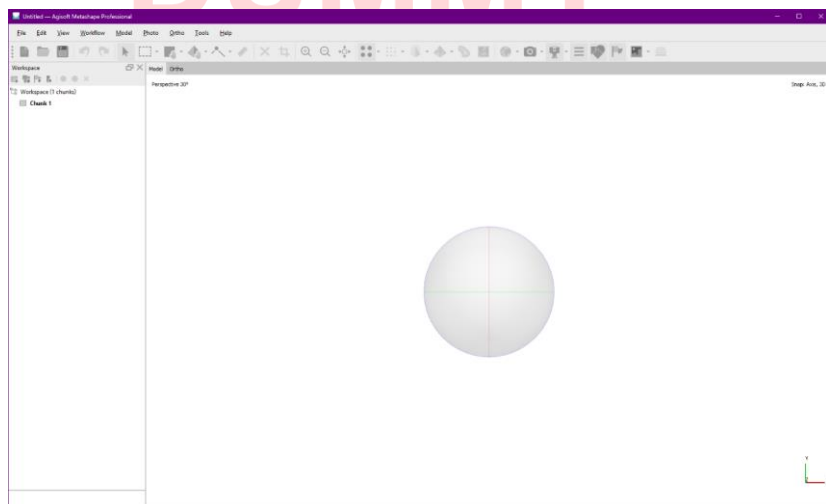
Proses pengolahan data foto udara membutuhkan spesifikasi laptop yang cukup tinggi. Hal ini dikarenakan software harus mengekstrak jutaan titik/ point clouds pada setiap foto yang akan diproses. Namun juga dipengaruhi oleh jumlah data yang akan diproses dan kualitas yang akan dihasilkan. Berdasarkan informasi yang didapatkan dari website resmi software agisoft, terdapat tiga rekomendasi spesifikasi hardware yang disarankan untuk memberikan hasil yang optimal seperti gambar berikut:



Gambar 113. Spesifikasi hardware

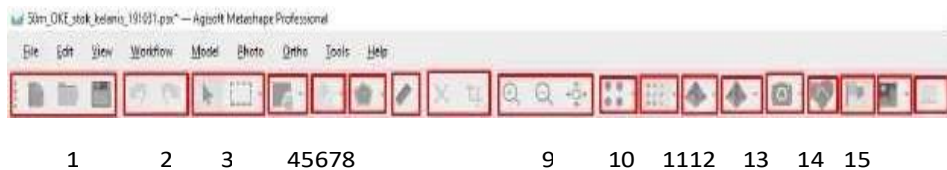
Pengenalan Agisoft Metashape Pro

- Perangkat Agisoft Metashape Professional, dapat dibuka dengan cara melakukan klik pada ikon Agisoft Metashape Professional pada dekstop atau dengan memilih ikon pada Start – All Programs. Tampilan yang akan muncul, dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 114. Tampilan Agisoft Metashape

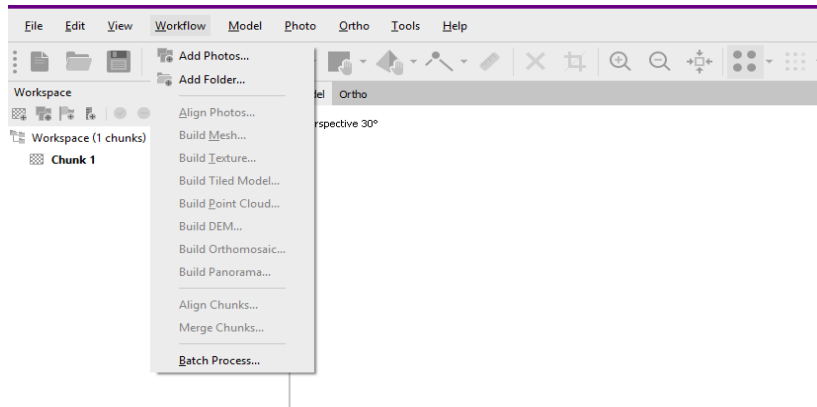
- b. Penjelasan singkat terkait tools-tools pada Agisoft Metashape Pro sebagai berikut.



Gambar 115. Penjelasan Tools Agisoft

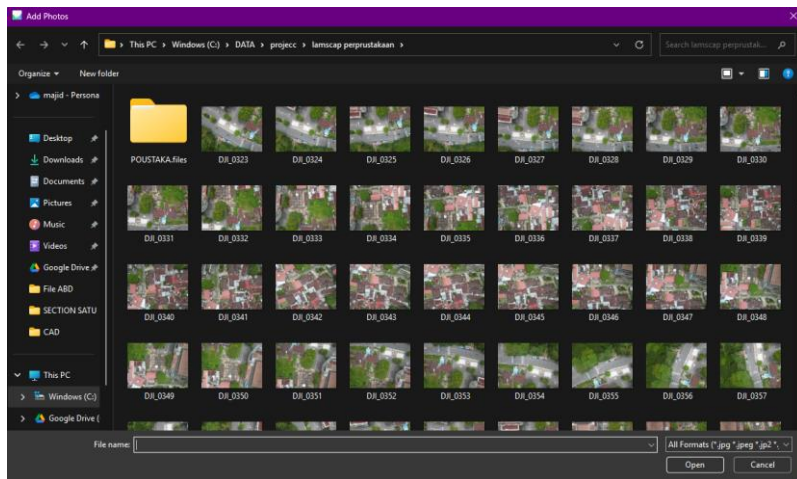
- 1) Tools untuk membuat, membuka, dan menyimpan lembar kerja
- 2) Tools untuk Undo dan Redo
- 3) Selection tools: untuk memilih object dengan beberapa metode (rectangle, circle, free
- 4) Move Region: tools untuk memindah, megubah ukuran kotak kerja yang berhubungan dengan jumlah data yang akan diproses.
- 5) Move object: untuk memindah, merotasi, dan mengubah ukuran object yang telah dibuat.
- 6) Draw tools: untuk menggambar object titik, garis, dan area.
- 7) Ruler: untuk menghitung jarak pada object/foto.
- 8) Delete dan crop selection: untuk memotong dan menghapus point cloud/ object dalam foto.
- 9) View tools: berfungsi untuk zoom in, zoom out dan reset view.

- 10) Point cloud view: untuk menampilkan dan menyembunyikan point cloud hasil align photos
 - 11) Dense cloud view: untuk menampilkan dan menyembunyikan point cloud hasil dense cloud.
 - 12) 3D models view: untuk menampilkan hasil model 3D dalam bentuk tanpa tekstur dan ber tekstur.
 - 13) Tiled model: untuk menampilkan hasil pembentukan tiled model
 - 14) Show cameras: untuk menampilkan posisi kamera saat melakukan akuisisi data.
 - 15) Show shapes: untuk menampilkan object yang sudah digambar sebelumnya.
 - 16) Show markers: untuk menampilkan titik GCP/ ICP yang sudah ditandai sebelumnya.
 - 17) Show images: untuk menampilkan sudut pandang setiap kamera diatas hasil pemrosesan.
 - 18) Show aligned chunks: untuk menampilkan hasil penggabungan 2 chunk atau lebih (Jika ada).
- c. Memasukan Foto (Raw Data)
- 1) Tahap awal pengolahan data foto udara yaitu memasukkan foto hasil foto drone (raw data) ke dalam software agisoft.
 - 2) Langkah yang dilakukan untuk menambahkan foto adalah memilih menu Workflow – Add Photos pada toolbar.



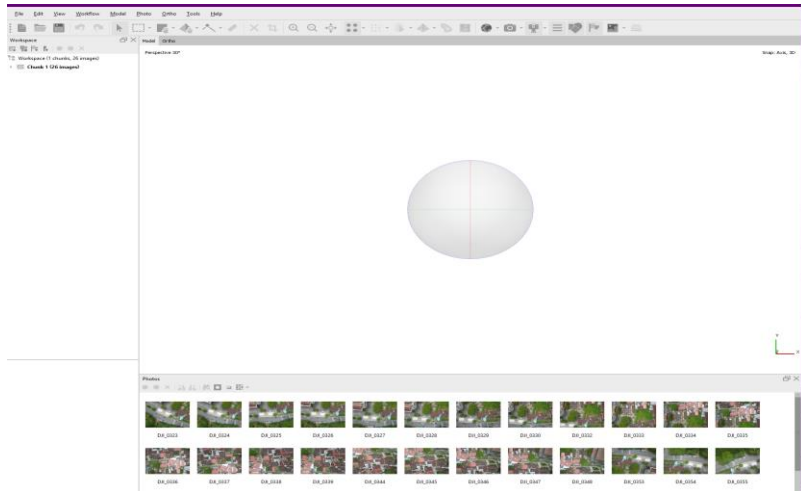
Gambar 116. Langkah awal

- 3) Setelah itu, pilih folder ataupun file foto yang akan diproses dan selanjutnya pilih Open untuk menambahkan foto-foto tersebut pada jendela perangkat lunak, seperti pada Gambar berikut.



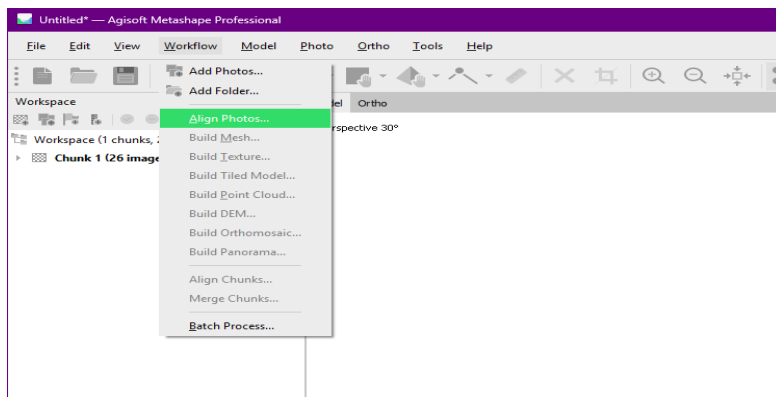
Gambar 117. Pilih file Photos

- 4) Foto telah berhasil di-import, klik ikon kamera untuk melihat posisi kamera



Gambar 118. Foto Berhasil Di import

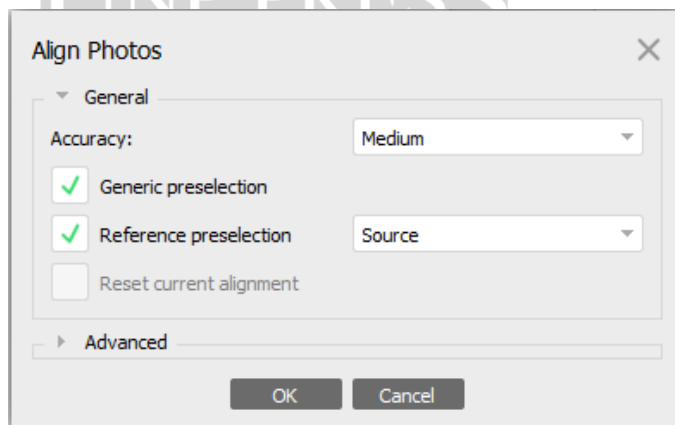
- 5) Buka menu workflow>Align Photos



Gambar 119. Buka Tools

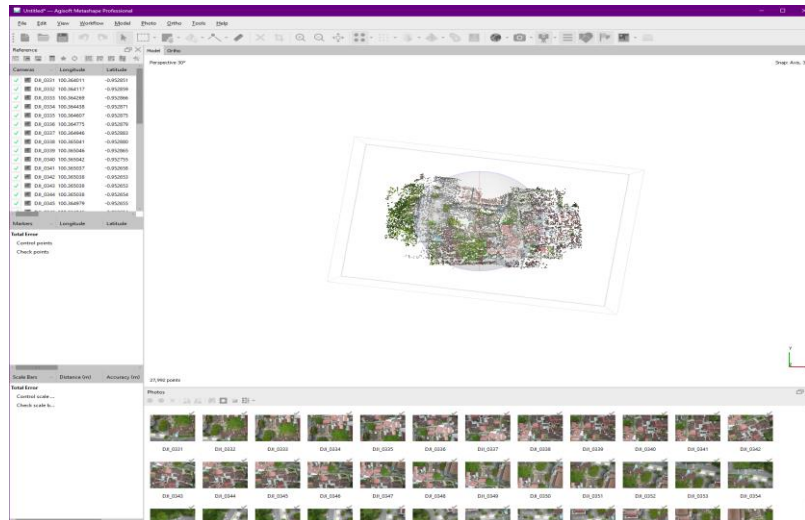
Catatan:

- Accuracy: Akurasi “high” akan mencocokkan foto pada ukuran aslinya. “Medium” akan menurunkan kualitas foto untuk proses pencocokan foto ¼ kualitas aslinya ” Low” akan menurunkan kualitas 1/16 dan lowest akan menurunkan hingga 1/84 kualitas aslinya.
 - Generic Preselection: Checklist, untuk melakukan proses pendahuluan untuk pencocokan foto menggunakan akurasi rendah, baru setelah itu digunakan pencocokan dengan kualitas tinggi. Berguna jika dilakukan pada foto dengan jumlah banyak dan akurasi tinggi.
 - Reference Preselection: Check, pilih source untuk mempercepat proses pencocokan dengan menggunakan informasi posisi kamera
 - Keypoint Limit: Batasan keypoint (titik sekutu dari pencocokan antar foto) set tinggi [60,000]
 - Tie point limit: Batasan titik ikat foto, terlalu sedikit akan menyebabkan foto bolong. Maka set pada [0] atau unlimited.
- 6) Pada menu Align Photos ikuti setingan seperti di gambar



Gambar 120. Setingan Align photos

7) Tampilan hasil tie point (sparse point cloud)



Gambar 121. Tampilan Hasil Tie Point

G. Penutup

Pemanfaatan drone (Unmanned Aerial Vehicle/UAV) dalam kegiatan survei dan pemetaan telah membawa perubahan besar dalam dunia teknik sipil modern. Penggunaan drone memungkinkan proses akuisisi data spasial dilakukan dengan lebih cepat, akurat, dan efisien, sekaligus mengurangi risiko pekerjaan lapangan yang biasanya membutuhkan waktu lama dan tenaga besar. Melalui teknologi ini, kegiatan pengumpulan data topografi, pemodelan tiga dimensi, hingga pemantauan progres pembangunan dapat dilakukan secara digital dan terukur.

Melalui pembahasan pada bab ini, peserta diharapkan memahami prinsip dasar fotogrametri udara, pengoperasian drone, serta tahapan pengolahan data menjadi produk spasial seperti orthofoto,

Digital Elevation Model (DEM), dan point cloud. Pemahaman terhadap prosedur pra, saat, dan pasca penerbangan, termasuk kalibrasi sensor, perencanaan misi, dan penerapan aplikasi pendukung seperti DJI Fly dan Pix4D Capture, juga menjadi aspek penting untuk menjamin keberhasilan misi pemetaan.

Selain aspek teknis, penguasaan terhadap perangkat lunak pengolahan seperti Agisoft Metashape akan meningkatkan kemampuan pengguna dalam menghasilkan data yang presisi untuk keperluan desain dan analisis proyek. Dengan integrasi sistem GIS (Geographic Information System) dan BIM (Building Information Modeling), data hasil pemetaan drone dapat diolah lebih lanjut untuk mendukung proses perencanaan dan manajemen infrastruktur berbasis digital.

Secara keseluruhan, penerapan teknologi drone bukan hanya menjadi alat bantu dalam survei, tetapi telah berkembang menjadi bagian integral dalam transformasi digital konstruksi dan rekayasa sipil. Melalui penguasaan teknologi ini, diharapkan mahasiswa dan praktisi mampu menghasilkan pekerjaan pemetaan yang efisien, akurat, serta relevan dengan kebutuhan pembangunan berkelanjutan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahan Ajar Penggunaan Total Station.* (2011). Direktorat Pengukuran Dasar Deputi Bidang Survei, Pengukuran Dan Pemetaan Deputi Bidang Survei, Pengukuran Dan Pemetaan .
- Naifah. (2024). *Pengukuran Total Station.*
- Abidin, H. Z. (2021). *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya.* Bandung: ITB PRESS.
- Haqqi, M., Yuwono, B., & Awaluddin, M. (2015). Survei pendahuluan deformasi muka tanah dengan pengamatan GPS di Kabupaten Demak (Studi Kasus: pesisir pantai Kecamatan Sayung). *Jurnal Geodesi Undip.*
- Agisoft LLC. (2023). *Agisoft Metashape Professional User Manual.* St. Petersburg: Agisoft.
- Andi, R. (2020). *Pengantar Fotogrametri dan Pemetaan Udara Menggunakan UAV.* Yogyakarta: Andi Publisher.
- Badan Informasi Geospasial (BIG). (2018). *Peraturan Kepala BIG No. 6 Tahun 2018 tentang Standar Nasional Indonesia Pemetaan Foto Udara.* Bogor: BIG.
- DJI. (2023). *DJI Mini 3 Pro Product Manual.* Shenzhen: DJI Technology Co., Ltd.
- DroneDeploy. (2023). *DroneDeploy Flight Planning and Mapping Guide.* California: DroneDeploy Inc.
- Ghosh, A., & Lohani, B. (2011). Development of UAV-based Photogrammetry Platform for 3D Mapping Applications. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 5(2), 89–97.
- Hartono, A., & Prasetyo, E. (2020). Penerapan Teknologi UAV dalam Survei dan Pemetaan Topografi di Indonesia. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(4), 45–55.
- Hermawan, Y. (2022). Pemanfaatan Drone untuk Pemetaan Infrastruktur Jalan di Daerah Perkotaan. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 8(1), 15–25.

- Kadir, A., & Slamet, R. (2019). *Dasar-Dasar Fotogrametri Digital*. Bandung: Pustaka Ilmu Teknik.
- Litchi. (2022). *Litchi Mission Hub User Guide*. London: FlyLitchi.com.
- Nugraha, D., & Pratama, A. (2021). Analisis Akurasi Orthofoto Hasil UAV terhadap Data GNSS dan Peta RBI. *Jurnal Geomatika Indonesia*, 15(2), 33–42.
- Pix4D. (2023). *Pix4D Capture and Mapper User Manual*. Lausanne: Pix4D SA.
- Pratomo, D. (2022). Ground Control Point (GCP) dan Pengaruhnya terhadap Akurasi Peta Orthofoto UAV. *Jurnal Sains dan Teknologi Geomatika*, 7(3), 210–218.
- Sulistyo, D., & Ramadhan, B. (2020). Pemetaan Volume Cut and Fill Menggunakan UAV di Area Tambang Terbuka. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 12(1), 55–63.
- Yulianto, R., & Wijaya, F. (2023). Integrasi Data UAV dengan Sistem Informasi Geografis (GIS) dalam Pemetaan Infrastruktur Jalan. *Jurnal Rekayasa Sipil Indonesia*, 6(2), 122–131.
- Abidin, H. Z. (2021). *Penentuan posisi dengan GPS dan aplikasinya*. Bandung: ITB Press.
- Bahan Ajar Penggunaan Total Station. (2011). Direktorat Pengukuran Dasar, Deputi Bidang Survei, Pengukuran dan Pemetaan.
- Coaker, L. H. (2009). *Reflector-less total station measurements and their accuracy, precision and reliability (Undergraduate dissertation)*. University of Southern Queensland, Faculty of Engineering and Surveying.
- Ellis, C. D. (n.d.). *Understanding site through electronic data collection: Total stations and GPS make digital design a reality (pp. 83–128)*. Department of Landscape Architecture and Urban Planning, Texas A&M University.
- Haqqi, M., Yuwono, B., & Awaluddin, M. (2015). Survei pendahuluan deformasi muka tanah dengan pengamatan GPS di Kabupaten

- Demak (Studi kasus: pesisir pantai Kecamatan Sayung). *Jurnal Geodesi Undip*.
- Juradi, M. I. (2022). Pelatihan penggunaan alat ukur total station bagi taruna-taruni Jurusan Geologi Pertambangan SMK Penerbangan Techno Terapan Makassar. *Madaniya*, 3(1), 8–13. <https://madaniya.pustaka.my.id/jurnal/isi/artikel/tampilan/1288>
- Mahardika, V., Anggraini, L., & Wanto, S. (2024). Pelatihan dasar total station bagi siswa-siswi SMK Negeri 2 Kendal. *Jurnal Pengabdian Kolaborasi dan Inovasi IPTEKS*, 2(4), 1149.
- Mulyani, A. S., & Tampubolon, S. P. (2021). Studi perbandingan analisa ketelitian tinggi menggunakan total station dan sipat datar. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan*, 5(2), 259–268.
- Naifah. (2024). Pengukuran total station.
- Nope, F. J. S. (2025). Penyusunan video pembelajaran pengoperasian total station untuk praktikum poligon tertutup di Politeknik Negeri Kupang. *Devotion: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(2), 58–67.
- Prasetyo, Y., & Bashit, N. (2018). Analisis tingkat akurasi model tiga dimensi Gedung Prof. H. Soedarto SH menggunakan teknologi terrestrial laser scanner (TLS) berbasis metode traverse. *Elipsoida*, 1(1), 53–57.
- Restika, A. P., Nirwana, H., & Asriyadi. (2021). Implementasi augmented reality sebagai media pembelajaran untuk pengenalan komponen total station. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI 2021)* (hlm. 208). Makassar, 21 September 2021.
- Santoso, T. T. (n.d.). Validasi handout pengukuran poligon tertutup menggunakan alat total station di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

- da Silva, I., Ibañez, W., & Poleszuk, G. (n.d.). Experience of using total station and GNSS technologies for tall building construction monitoring.
- Winanti, E. T., Kustini, I., Wibisono, R. E., Irianto, D., Nusantara, D. A. D., & Aritonang, N. (2022). Pelatihan pengolahan data hasil pengukuran waterpass, theodolit, total station bagi guru teknik konstruksi dan properti SMK wilayah Kabupaten Jombang & sekitarnya. *Jurnal Abadimas Adi Buana*, 5(2), 242–251
- Ghilani, C. D., & Wolf, P. R. (2012). *Elementary surveying: An introduction to geomatics* (13th ed.). Pearson.
- Kavanagh, B. F., & Glenn Bird, S. J. (2014). *Surveying: Principles and applications* (9th ed.). Pearson.
- Schofield, W., & Breach, M. (2007). *Engineering surveying* (6th ed.). Butterworth-Heinemann.
- Uren, J., & Price, W. F. (2010). *Surveying for engineers* (5th ed.). Palgrave Macmillan.
- Bannister, A., Raymond, S., & Baker, R. (1992). *Surveying* (5th ed.). Longman.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Wasle, E. (2008). *GNSS: Global Navigation Satellite Systems*. Springer.
- El-Rabbany, A. (2006). *Introduction to GPS: The Global Positioning System* (2nd ed.). Artech House.
- Mikhail, E. M., & Ackermann, F. (1982). *Observations and least squares*. University Press of America.
- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (2004). *Principles of geographical information systems* (2nd ed.). Oxford University Press.
- International Labour Organization. (2018). *Safety and health in construction: ILO code of practice*. ILO.
- Eisenbeiss, H., & Sauerbier, M. (2011). Investigation of UAV systems and flight modes for photogrammetric applications.

- Photogrammetric Record, 26(136), 400–421.
<https://doi.org/10.1111/j.1477-9730.2011.00657.x>
- Harwin, S., & Lucieer, A. (2012). Assessing the accuracy of georeferenced point clouds produced via UAV. *Remote Sensing*, 4(6), 1573–1599. <https://doi.org/10.3390/rs4061573>
- Chen, Z., Zhao, R., & Li, B. (2016). Modeling terrain surfaces using TIN in civil engineering. *Computers & Geosciences*, 95, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2016.06.009>
- Mitas, L., & Mitasova, H. (1999). Spatial interpolation. In *Geographical information systems* (pp. 481–492). Wiley. (Catatan: Tidak ada DOI untuk bab buku ini.)
- Vrijling, J. K., & Van Gelder, P. (1997). Safety and reliability in geodetic measurements. *Journal of Geodesy*, 71(3), 153–160. <https://doi.org>
- Leica Geosystems. (2012). *Leica Sprinter 50/150/150M/250M user manual* (Version 5.0). Leica Geosystems AG. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-010123456>
- Ghilani, C. D., & Wolf, P. R. (2012). *Elementary surveying: An introduction to geomatics* (13th ed.). Pearson. (Bab leveling digital, barcode staff, instrumental errors.)
- Avram, D., Bratosin, I., & Ilie, D. (2016). Surveying theodolite between past and future. *Journal of Young Scientist*, IV, 129-134.
- Obidowski, R. M. (1993). Processing theodolite observations with a photogrammetric bundle solution. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, XX, XXX-XXX.
- Yao, Q., et al. (2022). Error analysis of measuring the diameter, tree height, and ... based on the principle of electronic theodolite. *Sustainability*, 14(12), 6950. <https://doi.org/10.3390/su14126950>

- Addor, E. E., & West, H. W. (1972). Theodolite surveying for nondestructive biomass sampling. *Proceedings—Research on Coniferous Forest Ecosystems*.
- Pettersen, B. R. (2021). Introducing theodolites for mapping in Norway. *Geodesy & Cartography*, XX(X), XXX-XXX.
- Nanda, M. P., Abdulgani, H., Komarudin, K., & Ghani, F. S. (2024). Pelatihan penggunaan alat theodolite untuk pembelajaran ilmu ukur tanah. *Jurnal Pengabdian Ibnu Sina*, 3(2), 141-147. <https://doi.org/10.36352/j-pis.v3i2.791>
- Winanti, E. T., et al. (2022). ... (Total Station yang berasal dari pengembangan theodolite) *Jurnal Abadimas Adi Buana*, 5(02), 244-248.
- Dwiantoro, E. (2017). Analisa Ketepatan Data Pengukuran Dengan Alat Ukur Theodolite T.0 Dan GPS (Global Positioning System). *Majalah Teknik Simes*, 11(1).
- Nanda, M. P., Abdulgani, H., Komarudin, K., & Ghani, F. S. (2024). Pelatihan Penggunaan Alat Theodolite untuk Pembelajaran Ilmu Ukur Tanah Jurusan Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan. *Jurnal Pengabdian Ibnu Sina*, 3(2), 141–147. <https://doi.org/10.36352/j-pis.v3i2.791>
- Winanti, E. T., et al. (2022). Pelatihan Pengolahan Data Hasil Pengukuran Waterpass, Theodolit, Total Station Bagi Guru Teknik Konstruksi dan Properti SMK Wilayah Kabupaten Jombang & Sekitarnya. *Jurnal Abadimas Adi Buana*, 5(02), 244–248.
- Trisnawati, L., Hartika, D., Neswita, N., Sahriyal, S., Julinaldi, J., & Erny, E. (2025). Pelatihan Penggunaan Theodolite dalam Survei Pemetaan Lahan Pertanian untuk Siswa SMKN 1 Kelayang. *ABDIRA: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(4). <https://doi.org/10.31004/abdira.v5i4.960>
- “The orientations of the Giza pyramids and associated structures.” (2013). Nell, E., & Ruggles, C. ArXiv preprint. (menyebut pengukuran dengan theodolite)

- Technogis.co.id. (2022). Mengenal Theodolite untuk survey dan pemetaan. TechnoGIS Blog.
- Inersia – Politeknik Negeri Samarinda. (n.d.). Pengukuran dan pemetaan kampus menggunakan alat theodolite dengan metode poligon bercabang. INERSIA e-Journal.
- “Theodolite surveying: pengukuran atau pemetaan dasar.” (n.d.). Academia.edu.
- “Pelatihan pemetaan topografi menggunakan Auto Level & Theodolite tools.” (n.d.). Jurnal TEPA T, Universitas Hasanuddin.
- “Mengenal Theodolite untuk Survey dan Pemetaan: Panduan Lengkap.” (2023, November 25). DigitalEksplorasi.com.
- Tchuwa, I., & Makande, M. (2025). Landslide susceptibility assessment using geotechnical characterization of collapsible and dispersive soils at Soche Hill, Blantyre, Malawi. *Discover Geosciences*, 3, Article 133. <https://doi.org/10.1007/s44288-025-00232-4>
- Jelušič, P. (2024). Sustainable retaining wall solution as a mitigation of scree slope in soft rock: A case study near Split, Dalmatia. *Geosciences*, 14(4), 90. <https://doi.org/10.3390/geosciences14040090>
- Kamal, A. S. M. M., et al. (2023). Assessing the effectiveness of landslide slope stability by analysing structural mitigation measures and community risk perception. *Natural Hazards*, 119, 2599-2624. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05947-6>
- Mehran, A., et al. (2017). Slope remediation techniques and overview of landslide control methods. *Civil Engineering Journal*, 3(3), 181-198. <https://doi.org/10.28991/cej-030911>
- Ren, S. (2024). Landslide stability analysis and comprehensive treatment: Influencing factors, methods and control measures. *International Journal of Natural Resource and Environmental Studies*, 10(1), 20-30.
- Widjaja, B., Andriani, D., Sutisna, R. A., & Fitri, A. (2019). Landslide and mudflow behavior: Rheological approach for high-plasticity

- silt in Indonesia. *Jurnal Pembangunan in Teknik Sipil, ITS*, 6-12.
- Epada, P. D., Sylvestre, G., & Tabod, C. (2012). Geophysical and geotechnical investigations of a landslide in Kekem area, Western Cameroon. *International Journal of Geosciences*, 3(4), 780-789. <https://doi.org/10.4236/ijg.2012.34079>
- Raia, S., Alvioli, M., Rossi, M., Baum, R. L., Godt, J. W., & Guzzetti, F. (2013). Improving predictive power of physically-based rainfall-induced shallow landslide models: A probabilistic approach. arXiv preprint arXiv:1305.4803.
- Liberata Ullo, S., Mohan, A., Sebastianelli, A., Ahamed, S. E., Kumar, B., Dwivedi, R., & Sinha, G. R. (2020). A new Mask R-CNN based method for improved landslide detection. arXiv preprint arXiv:2010.01499.
- Lu, Z., Peng, Y., Li, W., Yu, J., Ge, D., & Xiang, W. (2023). An iterative classification and semantic segmentation network for old landslide detection using high-resolution remote sensing images. arXiv preprint arXiv:2302.12420.
- Putra, M. S. G. P., et al. (2025). Landslide mitigation strategies in riverbank areas: A step-by-step guide. In N. L. Husni et al. (Eds.), *Proceedings of the 8th FIRS 2024 International Conference on Global Innovations (FIRST-ESCSI 2024)*, *Advances in Engineering Research*, 261 (pp. 135-148). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-678-9_14
- Tchuwa, I., & Makande, M. (2025). Landslide susceptibility assessment using geotechnical characterization of collapsible and dispersive soils at Soche Hill, Blantyre, Malawi. *Discovery Geosciences*, 3, 133.
- Preti, F., et al. (2025). Slope stability time evolution of a shallow landslide and implications for monitoring interventions. *Engineering Geology*, 325, 108538. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2025.108538>

- Xiao, Y., et al. (2025). Landslide susceptibility assessment using the information value model and geographical-optimal-similarity (GOS) model: A case study of Huangshan City, China. *Applied Sciences*, 15(4), 1843. <https://doi.org/10.3390/app15041843>
- Tamiru, M. (2024). Geotechnical analysis and stability assessment of a recent landslide event in Gera Woreda, Ethiopia. *Cogent Engineering*, 11(1), 2405745. <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2405745>
- Kinde, M. (2024). Geotechnical and slope stability analysis in the landslide-prone sections along Sawla to Laska Road. *Environmental Advances*, 17, 100399. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2024.100399>
- Acosta, J. L. G., et al. (2021). Study of landslides and soil-structure interaction problems using implicit material point method. *Engineering Geology*, 287, 106064. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106064>
- Highland, L. M., & Bobrowsky, P. (2008). Appendix C: Introduction to landslide stabilization and remedial measures. US Geological Survey Circular 1325. U.S. Department of the Interior.
- Fuad, N., Meandad, J., Haque, A., Sultana, R., Anwar, S. B., & Sultana, S. (2024). Landslide vulnerability analysis using frequency ratio (FR) model: A study on Bandarban district, Bangladesh. arXiv preprint arXiv:2407.20239.
- Ghorbanzadeh, O., Xu, Y., Ghamisi, P., Kopp, M., & Kreil, D. (2022). Landslide4Sense: Reference benchmark data and deep learning models for landslide detection. arXiv preprint arXiv:2206.00515.

GLOSARIUM

Akurasi

Tingkat kedekatan hasil pengukuran terhadap nilai sebenarnya. Dalam survei, akurasi dipengaruhi oleh kualitas instrumen, metode pengukuran, dan prosedur pengolahan data.

Alat Pelindung Diri (APD)

Perlengkapan keselamatan yang digunakan petugas survei di lapangan, seperti helm, rompi reflektif, sepatu safety, kacamata pelindung, dan sarung tangan, untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja.

Backsight (BS)

Pembacaan rambu ukur atau target pada titik referensi (misalnya benchmark) yang sudah diketahui elevasinya, digunakan sebagai acuan awal dalam perhitungan beda tinggi atau penentuan posisi.

Bak Ukur / Rambu Barcode

Rambu ukur khusus yang dilengkapi pola barcode sehingga dapat dibaca otomatis oleh level digital seperti Leica Sprinter untuk menghitung jarak dan beda tinggi.

Base Station (Base)

Penerima (receiver) GNSS yang ditempatkan pada titik yang koordinatnya sudah diketahui secara teliti, berfungsi sebagai stasiun acuan dalam pengukuran RTK untuk mengoreksi sinyal satelit.

Benchmark

(BM)

Titik kontrol tetap yang elevasinya telah ditentukan dengan teliti dan dijadikan acuan dalam pekerjaan leveling dan pengukuran elevasi lainnya.

Drone / Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

Wahana terbang tanpa awak yang dikendalikan secara otomatis maupun manual, digunakan untuk pengambilan foto udara, pemetaan topografi, pemodelan 3D, dan monitoring infrastruktur.

Elevasi

Ketinggian suatu titik terhadap bidang referensi tertentu (misalnya muka laut rata-rata), yang menjadi dasar untuk analisis kemiringan, aliran air, dan desain bangunan sipil.

Foresight (FS)

Pembacaan rambu ukur atau target pada titik baru yang elevasinya akan dihitung, diukur setelah backsight dalam rangkaian pengukuran beda tinggi.

Fotogrametri

Ilmu dan teknik memperoleh informasi bentuk dan posisi objek dari foto (udara maupun darat). Dalam konteks drone, fotogrametri digunakan untuk membuat orthofoto, DEM/DSM, dan peta kontur.

Geodetic Datum (Datum Geodetik)

Sistem referensi matematis dan fisik yang digunakan untuk mendefinisikan posisi titik di permukaan bumi, termasuk ellipsoid rujukan dan titik acuan.

Global Navigation Satellite System (GNSS)

Sistem satelit navigasi global yang menyediakan informasi posisi dan waktu, mencakup GPS, GLONASS, Galileo, dan Beidou, yang digunakan dalam pemetaan dan survei.

Ground Control Point (GCP)

Titik kontrol di lapangan yang koordinatnya diukur dengan metode teliti (misalnya GNSS geodetik), digunakan sebagai acuan untuk mengikat dan meningkatkan akurasi hasil pemetaan drone/fotogrametri.

Interval Kontur

Selisih elevasi antara dua garis kontur yang berurutan pada peta topografi, menentukan tingkat detail dan keterbacaan relief permukaan tanah.

Koordinat (X, Y, Z)

Nilai numerik yang menyatakan posisi suatu titik dalam ruang, biasanya terdiri atas koordinat horizontal (X, Y) dan elevasi (Z), berdasarkan sistem koordinat dan datum tertentu.

Leveling

Proses pengukuran untuk menentukan beda tinggi antar titik sehingga diperoleh elevasi masing-masing titik. Leveling dapat dilakukan dengan waterpass optik maupun digital level seperti Leica Sprinter.

Leica Sprinter

Instrumen leveling digital yang menggunakan pembacaan barcode pada rambu ukur untuk menghitung jarak dan beda tinggi secara otomatis, meningkatkan kecepatan dan mengurangi kesalahan baca manual.

Misclose (Selisih Penutupan)

Selisih antara nilai teoretis dan hasil perhitungan loop pengukuran (misalnya leveling atau poligon). Misclose digunakan untuk mengevaluasi kualitas pengukuran dan perlu didistribusikan kembali jika masih dalam toleransi.

Orthofoto / Orthomosaic

Citra foto udara yang telah dikoreksi secara geometris sehingga skala seragam dan distorsi perspektif minim, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengukuran jarak, luas, dan pemetaan yang teliti.

Pix4D

Perangkat lunak pemrosesan data fotogrametri yang digunakan untuk mengolah foto drone menjadi point cloud, mesh 3D, orthofoto, dan model elevasi digital.

Poligon Tertutup

Rangkaian pengukuran sudut dan jarak yang membentuk lintasan kembali ke titik awal. Digunakan untuk penentuan koordinat titik-titik detail dengan kontrol kualitas melalui analisis misclose sudut dan jarak.

Poligon Terbuka

Rangkaian pengukuran sudut dan jarak yang tidak kembali ke titik awal, biasanya diikat pada titik kontrol di awal dan/atau akhir jalur. Digunakan misalnya untuk penentuan trase jalan atau saluran.

Quality Assurance / Quality Control (QA/QC)

Serangkaian prosedur perencanaan, pengecekan, dan dokumentasi untuk memastikan data hasil survei memenuhi standar ketelitian dan konsistensi yang dipersyaratkan.

Receiver GNSS

Perangkat penerima sinyal satelit GNSS yang digunakan untuk menentukan posisi titik di lapangan, dapat berupa receiver geodetik, handheld, atau modul yang terpasang pada drone.

RTK (Real Time Kinematic)

Metode penentuan posisi GNSS dengan koreksi diferensial secara real-time dari base station ke rover, menghasilkan koordinat dengan ketelitian sentimeter.

Stakeout

Kegiatan memindahkan titik atau garis rencana dari peta atau desain ke lapangan, misalnya memancang as jalan, batas galian, atau posisi tiang berdasarkan koordinat desain.

Statif (Tripod)

Penyangga tiga kaki yang digunakan untuk menempatkan dan menstabilkan instrumen survei seperti level, teodolit, total station, atau receiver GNSS.

Teodolit

Instrumen optik untuk mengukur sudut horizontal dan vertikal dengan teliti, digunakan dalam penentuan arah, poligon, dan berbagai pekerjaan pengukuran sudut lainnya.

Total Station

Instrumen survei yang menggabungkan fungsi teodolit elektronik dan pengukur jarak elektronik (EDM), mampu mengukur sudut, jarak miring, dan menghitung koordinat titik secara otomatis.

Trimble R8s

Receiver GNSS geodetik yang umum digunakan dalam survei RTK, dilengkapi antena presisi tinggi dan perangkat lunak pendukung untuk pengukuran koordinat dan stakeout di lapangan.

Tie Point

Titik-titik kesesuaian yang dikenali pada beberapa foto dalam pemrosesan fotogrametri, digunakan untuk mengikat dan menyusun kembali posisi kamera sehingga terbentuk model 3D yang konsisten.

Toleransi

Batas maksimum kesalahan yang masih dapat diterima dalam suatu pekerjaan pengukuran. Toleransi ditetapkan berdasarkan standar teknis dan kebutuhan desain.

Topografi

Gambaran bentuk permukaan bumi yang dinyatakan melalui variasi elevasi, kemiringan, dan bentuk lahan, biasanya direpresentasikan dalam peta kontur, model elevasi digital, atau penampang memanjang/melintang.



INDEKS

A

Akurasi,
Agisoft Metashape,
Alat pelindung diri (APD),
Alat tulis lapangan,
Auto take off dan landing drone,

B

Backsight (BS),
Bak ukur (rambu barcode),
Base station (base),
Benchmark (BM),
Beda tinggi (Δh),

C

Centring alat total station,
Citra drone,
Citra orthofoto/orthomosaic,
Contour (garis kontur),

D

Data survei, pencatatan dan dokumentasi,
DJI Fly, aplikasi pengendali drone,
Drone (UAV) untuk pemetaan,

E

Elevasi,
Evaluasi hasil pengukuran,

F

Foresight (FS),
Fotogrametri,

G

GNSS (Global Navigation Satellite System),
Ground Control Point (GCP),

H

Hydrolic/telemetry penerbangan drone,

I

Icon menu Pix4D Capture,

Icon telemetri drone,
Interval kontur,

K

Kalibrasi alat,
K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) survei,
Koordinat (X, Y, Z),

L

Leica Sprinter 150M,
– komponen,
– spesifikasi fitur dan menu,
– program backsight–foresight,
– transfer data,
Leveling digital,
Loop pengukuran dan misclose,

M

Manfaat pemetaan dengan Trimble R8s,
Menu receiver dan rover,
Misclose (selisih penutupan),
Mode operasi RTK,
Mode operasi rover,
Monitoring kualitas data (QA/QC),

N

Nivo kotak dan nivo tabung,

P

Payung dan pelindung alat,
Pemetaan drone/fotogrametri,
Pemetaan topografi,
Pen ukur / yalon,
Pengambilan data drone dengan Pix4D,
Pengolahan data Trimble R8s,
Pengolahan hasil fotogrametri,
Pengukuran beda tinggi,
Pengukuran kontur,
Pengukuran luas dan kubikasi,
Pengukuran poligon tertutup,
Pengukuran poligon terbuka,
Pengukuran sudut datar,
Peran survei dalam proyek teknik sipil,

Perencanaan jalur terbang,
Perencanaan misi penerbangan,
Perlengkapan pendukung pengukuran,
Pix4D Capture,
Platform drone (fixed wing, multirotor),

Q

Quality assurance/quality control (QA/QC) pengukuran,

R

Rambu barcode Leica,
Receiver GNSS,
RTK (Real Time Kinematic),

S

Sensor dan kamera,
Software pengolahan data (Trimble, fotogrametri),
SOP pra, saat, dan pasca terbang,
Spesifikasi fitur Leica Sprinter,
Spesifikasi hardware sistem drone,
Stakeout (pengeluaran titik/gambar ke lapangan),
Statif (tripod),
Survei topografi,
Survei geodetik,

T

Teodolit digital Topcon DT-200,
– pengertian, fungsi, dan kegunaan,
– komponen,
– pengukuran sudut datar,
– langkah kerja pengukuran,
Total station Nikon NPL-322,
– komponen,
– prinsip kerja,
– pengoperasian,
– pengukuran poligon tertutup,
– pengukuran poligon terbuka,
Toleransi kesalahan pengukuran,
Topografi (bentuk permukaan lahan),
Transfer data Leica Sprinter,
Trimble R8s,
– arsitektur sistem dan komponen,

- mode operasi RTK,
- prosedur survei RTK (topografi & stakeout),
- pengolahan data,

U

UAV (Unmanned Aerial Vehicle), lihat: Drone,

W

Waterpass/level konvensional dan digital,



TENTANG PENULIS



Yaumal Arbi adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, yang saat ini menjabat sebagai Kepala Laboratorium Hidro Teknik Sipil. Ia memiliki latar belakang keilmuan di bidang teknik sipil dan lingkungan, dan tengah menempuh studi doctoral dengan fokus pada pemodelan dinamis dan pengelolaan sumber daya air berkelanjutan. Dalam perjalanan kariernya, Yaumal aktif mengampu mata kuliah survei dan pemetaan, hidrologi, drainase perkotaan, irigasi dan bangunan air, serta sejumlah mata kuliah terapan lain yang terkait dengan infrastruktur keairan. Selain tugas mengajar, ia juga sering terlibat dalam penyusunan kurikulum, pengembangan RPS, serta berbagai tim kerja di tingkat jurusan dan fakultas yang berkaitan dengan peningkatan mutu pembelajaran dan pengembangan laboratorium.

Bidang penelitian yang digeluti Yaumal meliputi pemodelan ketersediaan air tanah, kualitas air permukaan dan danau, sistem drainase kampus, serta pemetaan topografi dan kualitas air berbasis kriging dan *remote sensing*. Ia juga menaruh perhatian pada pengembangan sistem pengelolaan air bersih dan air limbah yang terintegrasi, serta kajian kebijakan pendidikan teknik seperti implementasi MBKM dan *blended learning* di perguruan tinggi. Hasil penelitiannya telah dipublikasikan dalam bentuk artikel pada jurnal nasional dan internasional terindeks, prosiding seminar, serta laporan pengabdian kepada masyarakat. Selain itu, ia menyusun berbagai modul ajar dan bahan praktikum; buku ini menjadi salah satu karya buku ajar yang dirancang untuk memperkuat kompetensi survei dan pemetaan mahasiswa teknik sipil.



Nevy Sandra adalah dosen pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, dan saat ini menjabat sebagai Kepala Laboratorium Survei dan Pemetaan. Keahliannya mencakup rekayasa struktur, material beton, dan survei pemetaan, dengan fokus pada integrasi aspek analitis, karakteristik material, dan aplikasi lapangan dalam proyek teknik sipil.

Nevy dikenal sebagai pengajar yang menghubungkan teori rekayasa dengan praktik, khususnya melalui mata kuliah analisis struktur, teknologi bahan konstruksi, serta survei dan pemetaan. Ia aktif mengembangkan praktikum, memperkuat perangkat pembelajaran, dan meningkatkan kapasitas laboratorium sebagai pusat pelatihan mahasiswa.

Dalam pengelolaan akademik, ia berperan sebagai anggota asesor, pengembang kurikulum, dan fasilitator pelatihan, serta terlibat dalam berbagai kerja sama dengan mitra internal dan eksternal. Penelitian yang digelutinya berfokus pada beton berkelanjutan, performa struktur, keselamatan kerja konstruksi, dan pembelajaran berbasis proyek.

Sebagai penulis, Nevy telah menghasilkan artikel ilmiah, modul internal, dan kontribusi dalam beberapa buku ajar. Dalam buku ini, ia menyajikan contoh kasus dan analisis aplikatif yang menghubungkan materi survei dengan kebutuhan perencanaan dan pelaksanaan proyek teknik sipil secara lebih tajam dan relevan.



Faisal Ashar merupakan dosen dan praktisi di bidang survei geodesi dan geomatika pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, dan saat ini menjabat sebagai Kepala Departemen Teknik Sipil UNP. Fokus keahliannya meliputi pemanfaatan teknologi GNSS, total station, dan pemetaan berbasis drone/UAV untuk mendukung pekerjaan teknik sipil, baik pada tahap perencanaan maupun evaluasi infrastruktur. Dalam aktivitas akademik,

Faisal mengampu mata kuliah pengukuran geodesi, pemetaan topografi, sistem informasi geografis, serta pengolahan data spasial. Ia aktif membina praktikum survei lapangan dan berperan dalam pengembangan laboratorium sebagai wahana pembelajaran berbasis proyek, sehingga mahasiswa terbiasa dengan peralatan dan prosedur yang sejalan dengan praktik profesional.

Sebagai Kepala Departemen, Faisal terlibat dalam perencanaan strategis pengembangan program studi, penguatan kerja sama dengan berbagai instansi, serta pengawasan mutu akademik dan laboratorium. Penelitian yang dilakukannya mencakup kajian akurasi pemetaan GNSS dan RTK, pemanfaatan UAV untuk pemetaan infrastruktur dan analisis volume, serta integrasi data fotogrametri dan geodesi untuk pemodelan permukaan tanah yang lebih detail dan andal. Ia juga berpengalaman dalam kegiatan pelatihan teknis dan kerja sama proyek dengan pemerintah maupun sektor swasta, serta menyusun modul pelatihan dan bahan ajar berbasis teknologi survei mutakhir. Kontribusinya dalam buku ini terutama tampak pada pembahasan instrumen modern, prosedur survei mutakhir, dan integrasi data spasial untuk mendukung perencanaan dan desain infrastruktur teknik sipil.

RINGKASAN ISI BUKU

Buku “Teknologi Instrumen Survei untuk Teknik Sipil” menyajikan pembahasan yang sistematis mengenai peran, prinsip kerja, serta penerapan instrumen survei modern dalam berbagai tahapan proyek teknik sipil. Diawali dengan penjelasan peran survei pada siklus proyek (perencanaan, perancangan, konstruksi, hingga as-built), buku ini menguraikan kebutuhan data, jenis produk survei (titik, garis, permukaan, kontur, profil, volume cut–fill, hingga ortofoto dan DEM/DTM), standar akurasi, serta pentingnya penerapan K3 dan etika dalam kegiatan pengukuran lapangan.

Selanjutnya, buku mengulas secara rinci pemanfaatan digital level Leica Sprinter 150M dan theodolite digital Topcon DT–200. Pada bagian leveling digital, dibahas komponen alat, rambu barcode, perlengkapan pendukung, program pengukuran (backsight–foresight, sistem polar, dan sistem keliling), serta contoh penerapan untuk beda tinggi, kontur, dan perhitungan volume. Bab mengenai theodolite memaparkan komponen utama, teknik pengukuran sudut datar, metode penentuan koordinat, hingga langkah kerja pengukuran di lapangan yang dilengkapi ilustrasi dan contoh kasus sederhana untuk memperkuat pemahaman mahasiswa.

Instrumen lanjutan yang dibahas adalah total station Nikon NPL–322 dan sistem RTK GNSS dengan contoh perangkat Trimble R8s. Pada total station, fokus diberikan pada prinsip kerja, pengoperasian, penentuan titik berdiri alat, pengukuran poligon tertutup maupun terbuka, serta tahapan kerja mulai dari persiapan peta hingga perolehan koordinat titik detail. Bagian RTK GNSS meninjau arsitektur sistem, komponen base dan rover, mode operasi, prosedur survei topografi dan stakeout, serta alur pengolahan data. Pembahasan dilengkapi dengan penekanan pada evaluasi kualitas data dan integrasi dengan kontrol geodetik lainnya.

Bab terakhir mengupas teknologi drone dan fotogrametri untuk pemetaan udara. Di sini dijelaskan jenis platform (fixed wing, multirotor), sensor dan kamera, perencanaan misi terbang, penempatan GCP, prosedur pra–terbang hingga pasca–terbang, pemanfaatan aplikasi pengendali dan mission planner, serta alur pengolahan foto udara menjadi orthofoto, model elevasi, dan produk kartografi lainnya. Buku ditutup dengan glosarium istilah teknis, indeks, dan informasi penulis, sehingga tidak hanya menjadi panduan praktis untuk perkuliahan dan praktikum, tetapi juga referensi bagi praktisi yang ingin memperbarui kompetensi dalam pengoperasian instrumen survei modern di bidang teknik sipil.