



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Geomatika

Pedagogik : Komunikasi Efektif dalam Proses Pembelajaran
Profesional : Teknik Fotogrametri



KELOMPOK
KOMPETENSI





MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Geomatika

Penyusun :

**Amrizal, ST., MT
USU Medan
amrizal75@gmail.com
081370808572**

Reviewer :

**Emilia Kadreni, ST., MT
USU Medan
emiliakadreni@gmail.com
081265993266**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
PUSAT PENGEMBANGAN DAN PEMBERDAYAAN
PENDIDIK DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
BIDANG BANGUNAN DAN LISTRIK
MEDAN
2016**



KATA PENGANTAR

Profesi guru dan tenaga kependidikan harus dihargai dan dikembangkan sebagai profesi yang bermartabat sebagaimana diamanatkan Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen. Hal ini dikarenakan guru dan tenaga kependidikan merupakan tenaga profesional yang mempunyai fungsi, peran, dan kedudukan yang sangat penting dalam mencapai visi pendidikan 2025 yaitu “Menciptakan Insan Indonesia Cerdas dan Kompetitif”. Untuk itu guru dan tenaga kependidikan yang profesional wajib melakukan pengembangan keprofesian berkelanjutan.

Penyusunan modul ini ditujukan bagi kepentingan peningkatan kualitas dan profesionalitas guru dalam proses pembelajaran pada Lingkup Kejuruan Kelompok Teknologi. Hal ini merupakan tindak lanjut dari reformasi Sistem Pendidikan Kejuruan yang diserahkan kepada penyiapan tamatan dengan kompetensi sesuai dengan kebutuhan dunia kerja.

Kami menyadari masih belum sempurnanya isi yang terdapat dalam modul ini, sehingga kepada guru maupun peserta diklat diharapkan agar dapat melengkapi, memperkaya dan memperdalam pemahaman dan penguasaan materi untuk topik yang sama dengan membaca referensi lainnya yang terkait. Kritik dan saran membangun bagi penyempurnaan modul ini sangat diharapkan dari semua pihak.

Kami sangat berapresiasi dan memberikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang turut membantu dalam penyiapan modul ini, sehingga modul ini dapat bermanfaat bagi yang memerlukannya.

Jakarta, Desember 2015
Direktur Jenderal Guru dan
Tenaga Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D,
NIP 19590801 198503 1002

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	x
BAB I	1
BAB II	1
BAB III	2
MENGANALISIS DATA SPASIAL, DATA NON SPASIAL DAN DATA PADA PERMUKAAN BUMI.....	2
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1	3
MENGURAIKAN DATA SPASIAL DAN NON-SPASIAL SERTA DATA PADA PERMUKAAN BUMI.....	3
A. Tujuan	3
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	3
C. Uraian Materi.....	3
1. Pengetahuan Dasar.....	3
D. Aktivitas Pembelajaran.....	19
E. Latihan/Kasus/Tugas	21
F. Rangkuman.....	21
1. Data Spasial	22
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	23
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2	24
MENGANALISIS SUMBER-SUMBER DATA SPASIAL DAN NON SPASIAL.....	24
A. Tujuan :	24
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	24
C. Uraian Materi.....	24
1. Pengetahuan Dasar.....	24

2. Sumber Data Spasial	25
D. Aktivitas Pembelajaran.....	29
E. Latihan/Kasus/Tugas	30
F. Rangkuman.....	30
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	31
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3	32
MENGELOLA DATA SPASIAL DAN NON SPASIAL.....	32
A. Tujuan	32
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	32
C. Uraian Materi.....	32
1. Pengertian Dasar	32
D. Aktivitas Pembelajaran.....	36
1. Tujuan.....	37
2. Tahapan.....	38
Menambahkan.....	46
E. Latihan/Kasus/Tugas	59
F. Rangkuman.....	60
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	60
BAB IV	61
MENGANALISIS FOTOGRAMETRI	61
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1	62
MENGURAIKAN TEKNIK FOTOGRAMETRI.....	62
A. Tujuan	62
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	62
C. Uraian Materi.....	62
1. Pengertian Fotogrametri	62
2. Kegiatan-kegiatan Fotogrametri.....	64
3. Sejarah Fotogrametri	67
4. Klasifikasi Foto Udara	70
5. Pemetaan Fotogrametri	73
6. Perencanaan Jalur Terbang	80

7. Pemanfaatan Fotogrametri	84
D. Aktivitas Pembelajaran.....	88
E. Latihan/Kasus/Tugas	89
F. Rangkuman.....	89
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	90
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2	91
MEMILIH PERALATAN YANG DIPERLUKAN DALAM PEKERJAAN FOTOGRAMETRI	91
A. Tujuan	91
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	91
C. Uraian Materi.....	91
1. Fotogrametri Digital	91
2. Keunggulan dan Kelemahan Fotogrametri Digital	105
D. Aktivitas Pembelajaran.....	106
E. Latihan/Kasus/Tugas	108
F. Rangkuman.....	108
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	110
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3	111
MENGURAIKAN INTERPRETASI FOTO UDARA.....	111
A. Tujuan	111
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	111
C. Uraian Materi.....	111
1. Interpretasi Foto Udara	111
2. Foto Udara dan Bagiannya	125
3. Pembacaan Dan Konversi Koordinat Foto.....	133
D. Aktivitas Pembelajaran.....	134
E. Latihan/Kasus/Tugas	136
F. Rangkuman.....	136
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	137
KUNCI JAWABAN	138
EVALUASI	142

PENUTUP.....	144
DAFTAR PUSTAKA.....	145

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Contoh data spasial dalam bentuk titik	6
Gambar 2.	Contoh data spasial dalam bentuk garis	7
Gambar 3.	Contoh data spasial dalam bentuk polygon	7
Gambar 4.	Contoh tampilan data vector	8
Gambar 5.	Contoh Tampilan Grid Data Raster.....	11
Gambar 6.	Struktur Data Pada SIG	12
Gambar 7.	Sistem Basis Data Spasial.....	13
Gambar 8.	Contoh tampilan model data raster & vektor.....	17
Gambar 9.	Deskripsi data non spasial	18
Gambar 10.	Contoh penyimpanan data atribut untuk fitur yang berupa titik	19
Gambar 11.	Contoh penyimpanan data atribut untuk fitur yang berupa area.....	19
Gambar 12.	Ilustrasi Sumber data GIS.....	28
Gambar 13.	<i>Breakdown</i> Sumber data GIS	29
Gambar 14.	Zona UTM Dunia dan Indonesia	34
Gambar 15.	Menentukan Sistem Koodinat	38
Gambar 16.	Menentukan referensi spasial	39
Gambar 17.	Memasukkan koordinat titik referensi.....	39
Gambar 18.	Posisi 4 titik ikat dan nilai RMSnya	40
Gambar 19.	Peta yang bereferensi koordinat yang tepat	40
Gambar 20.	Buka file untuk metode <i>Georeference to Other Map</i>	41
Gambar 21.	Ketika yang aktif hanya ujungkulon.jpg.....	42
Gambar 22.	Ketika ujungkulon.jpg dan ujung kulon.tiff aktif.	42
Gambar 23.	Folder tempat file shp. Di Arc Catalog	44
Gambar 24.	New > shapefile untuk membuat shapefile baru di ArcCatalog	44
Gambar 25.	Inisiasi nama, tipe feature dan spasial reference.....	45

Gambar 26. Nama file beserta icon	45
Gambar 27. Menambahkan feature (<i>shapefile</i>) yang baru	46
Gambar 28. Menambahkan layer untuk diedit	47
Gambar 29. Tampilan pada TOC ArcMap	47
Gambar 30. Toolbar editor diaktifkan.....	48
Gambar 31. Editing Layer	48
Gambar 32. Melakukan Merge Feature	49
Gambar 33. Icon split tool.....	50
Gambar 34. Tampilan attribute table di ArcCatalog	51
Gambar 35. Memilih Open Attribute Table	51
Gambar 36. Tampilan table attribute	52
Gambar 37. Melakukan freeze/unfreeze.....	53
Gambar 38. Turn Field on/off.....	53
Gambar 39. Mengaktifkan Turn All Field on	54
Gambar 40. Add field.....	55
Gambar 41. Pengisian Adda field	55
Gambar 42. Mengaktifkan Toolbars editor.....	56
Gambar 43. Menggunakan field calculator	57
Gambar 44. Menambahkan table database attribute.....	58
Gambar 45. Join Data.....	59
Gambar 46. Peralatan Foto Udara Digital.....	71
Gambar 47. Orientasi kamera pada tiga macam posisi kamera	72
Gambar 48. Konfigurasi foto udara condong tinggi (a), condong rendah (b), tegak (c)	72
Gambar 49. Foto (a) dan (b) merupakan contoh foto udara condong tinggi; foto c adalah contoh foto condong rendah; dan (c) foto udara merupakan contoh vertikal.....	73
Gambar 50. Pemetaan Cara Teretris.....	74
Gambar 51. Pemetaan Cara Remote Sensing	74
Gambar 52. Pemotretan Udara menggunakan Pesawat Udara	77
Gambar 53. Tringulasi oleh Pesawat Terbang	77

Gambar 54. Tampilan ke depan (<i>Overlap</i>)	81
Gambar 55. Tampilan ke samping (<i>Sidelap</i>)	82
Gambar 56. Seperangkat komputer sebagai workstation untuk pemrosesan fotogrametri digital.....	96
Gambar 57. Kelengkapan untuk bekerja dalam fotogrametri digital	98
Gambar 58. Model elevasi digital (DEM) hitam putih.....	103
Gambar 59. Model Elevasi digital berwarna	103
Gambar 60. Meja untuk pembacaan citra digital	103
Gambar 61. Model bangunan 3-D yang diturunkan dari citra stereo	104
Gambar 62. Alur kerja fotogrametri digital	105
Gambar 63. Stereoskop Saku	114
Gambar 64. Stereoskop Cermin	115
Gambar 65. Parallax Bar	115
Gambar 66. Planimeter.....	116
Gambar 67. Bagian-bagian Planimeter.....	117
Gambar 68. Pembanding (Daerah Kalibrasi).....	119
Gambar 69. Metode Digitasi	120
Gambar 70. Ilusi Bayangan dalam, Interpretasi Foto (a, b, c, d, e, f) ...	125
Gambar 71. Contoh Sebuah Foto Udara	126
Gambar 72. Bagian-bagian foto udara.....	126
Gambar 73. Bagian-bagia foto udara.....	127
Gambar 74. Kenampakan 2D foto udara	130
Gambar 75. Relief Displacement.....	132
Gambar 76. Koordinat Foto dan Koordinat <i>Pixel</i>	133

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik titik, garis, polygon dan format permukaan	9
Tabel 2. Model Data Raster	14
Tabel 3. Model Data Vektor	15
Tabel 4. Perbandingan data spasial dan non spasial.....	16
Tabel 5. Perbandingan model data dan image vektor dan raster.....	16
Tabel 6. Tipe-tipe data dalam field attribute	56

BAB I

Aspek pedagogik

BAB II

Aspek pedagogik

BAB III
MENGANALISIS DATA SPASIAL, DATA NON SPASIAL DAN DATA
PADA PERMUKAAN BUMI

Penulisan modul ini diarahkan sedemikian rupa, sehingga materi pembelajaran yang terkandung di dalamnya disusun berdasarkan kompetensi inti guru untuk mencapai kompetensi dalam Geomatika.

Dengan mempelajari modul ini secara teori dan praktik, peserta diklat diharapkan mampu melakukan kreasi dalam menganalisis data spasial, data non spasial dan data pada permukaan bumi, yang terdiri dari tiga kegiatan pembelajaran sebagai berikut:

- a. Menguraikan data spasial dan non-spasial serta data pada permukaan bumi.
- b. Menganalisis sumber – sumber data spasial dan non spasial.
- c. Mengelola data spasial dan non-spasial serta data pada permukaan bumi.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

MENGURAIKAN DATA SPASIAL DAN NON-SPASIAL SERTA DATA PADA PERMUKAAN BUMI

A. Tujuan

Setelah penyajian materi ini, peserta ajar diharapkan memperoleh pengetahuan antara lain :

1. Mengetahui jenis-jenis data, baik data spasial maupun data atribut;
2. Memahami karakteristik suatu data, terutama terkait isi, kondisi dan kualitas;
3. Memahami perbandingan data vektor dan raster;

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Pencapaian kompetensi pada pembelajaran ini, dapat dilihat dengan beberapa indikator antara lain :

1. Peserta memahami perbedaan antara data raster dan data vektor baik pengertiannya, jenisnya, karakteristiknya maupun cara memperolehnya;
2. Peserta memahami karakteristik suatu data, terutama terkait isi, kondisi dan kualitas;
3. Peserta memahami perbandingan data vektor dan raster.

C. Uraian Materi

1. Pengetahuan Dasar.

Data GIS

Pada sebuah peta, informasi lokasi yang ada di dalamnya akan sangat membantu menemukan tempat yang ingin dituju dan memberikan informasi arah. Komponen-komponen pendukung SIG terdiri dari lima komponen yang bekerja secara terintegrasi yaitu:

perangkat keras (hardware), perangkat lunak (software), data, manusia, dan metode. Kesemuanya itu dibutuhkan untuk mendapatkan, mengolah, menganalisa, dan menampilkan seluruh informasi geografis, atau lokasi (spasial). Agar output yang dihasilkan sesuai dengan apa yang diinginkan, maka sebagai sebuah sistem, SIG tentu membutuhkan data input berupa data spasial, atribut atau data lainnya.

Gambaran dunia nyata sangat kompleks sekali. Banyak sekali variable-variabel yang harus dideskripsikan seperti jenis tumbuhan (vegetasi), kondisi alam (gunung, danau, hutan), berbagai macam bangunan, infrastruktur di permukaan bumi, dan masih banyak lagi. Kompleksnya kondisi nyata bumi tersebut membutuhkan visualisasi gambar dan manajemen informasi geografis. Untuk keperluan itu semua sangat dibutuhkan data dan sistem manajemen data yang baik dan terintegrasi terhadap seluruh aspek. Secara umum data merupakan fakta mengenai objek, peristiwa, dan aktivitas yang dinyatakan oleh nilai (angka, karakteristik, symbol dan lainnya). Pada prinsipnya terdapat dua jenis data untuk mendukung SIG yaitu : Data Spasial (keruangan) dan Data Non Spasial (Atribut/Deskripsi).

Data Spasial

Data spasial adalah data yang bereferensi geografis atas representasi obyek di bumi. Data spasial pada umumnya berdasarkan peta yang berisikan interpretasi dan proyeksi seluruh fenomena yang berada di bumi. Fenomena tersebut berupa fenomena alamiah dan buatan manusia. Data pada SIG/GIS memiliki berbagai macam bentuk, mulai dari data mentah maupun data yang sudah dalam bentuk siap tampil. Misalnya data array dari GPS (koordinat), hasil scanning peta, digitasi, dan lain-lai, dimana tiap titiknya diwakili oleh nilai *longitude* (garis bujur) dan *latitude* (garis

lintang). Namun adakalanya data GIS yang lain bisa didapatkan dari citra satelit (penginderaan jauh), digitasi, dan lain-lain.

Secara umum data spasial memiliki dua jenis tipe yaitu data vektor dan data raster. Model data vektor mampu menampilkan, menempatkan, dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik-titik, garis-garis atau kurva, atau poligon beserta atribut-atributnya dengan format digital dan disimpan dalam bentuk koordinat x,y (*vector*). Sedangkan Model data raster mampu menampilkan, dan menyimpan data spasial dengan menggunakan struktur matriks atau piksel – piksel yang membentuk grid. Pemanfaatan kedua model data spasial ini biasanya disesuaikan dengan peruntukan dan kebutuhannya.

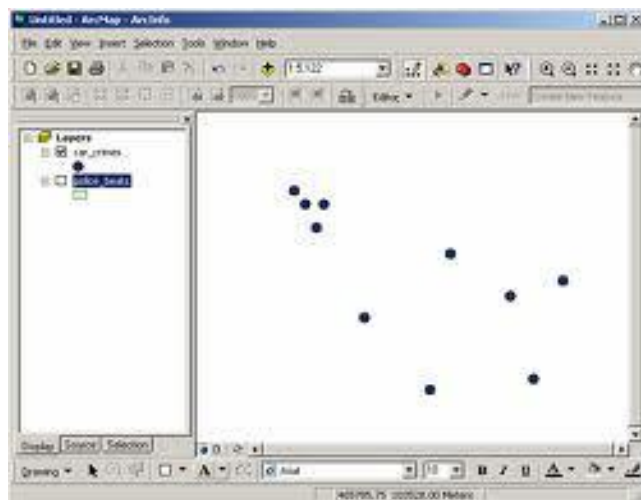
a. Data Vektor

Data vektor adalah data yang terdiri dari titik-titik node yang memberikan lokasi koordinat. Data vektor merupakan bentuk bumi yang direpresentasikan ke dalam kumpulan garis, area (daerah yang dibatasi oleh garis yang berawal dan berakhir pada titik yang sama), titik dan node (merupakan titik perpotongan antara dua buah garis). Resolusi dari data vektor tergantung dari banyaknya titik node yang membentuknya. Semakin banyak titik node, maka lekukan yang diberikan akan semakin jelas. Titik node tersebut pada dasarnya adalah data yang diperoleh dari survei lapangan dengan GPS atau digitasi dari citra yang sudah mempunyai referensi koordinat.

Esensi data vektor mampu untuk menampilkan, menempatkan, dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik-titik, garis atau kurva dan polygon beserta atribut-atributnya (Prahasta, 2001). Bentuk-bentuk dasar representasi data spasial ini, di dalam sistem model data vektor, didefinisikan oleh sistem koordinat kartesian dua dimensi (x, y). Pada model data vektor, unsur geografik disajikan secara digital seperti bentuk visualisasi/penyajian dalam peta *hardcopy*. Secara umum bentuk-bentuk data spasial terbagi 3, yaitu:

1) Titik (*dot*)

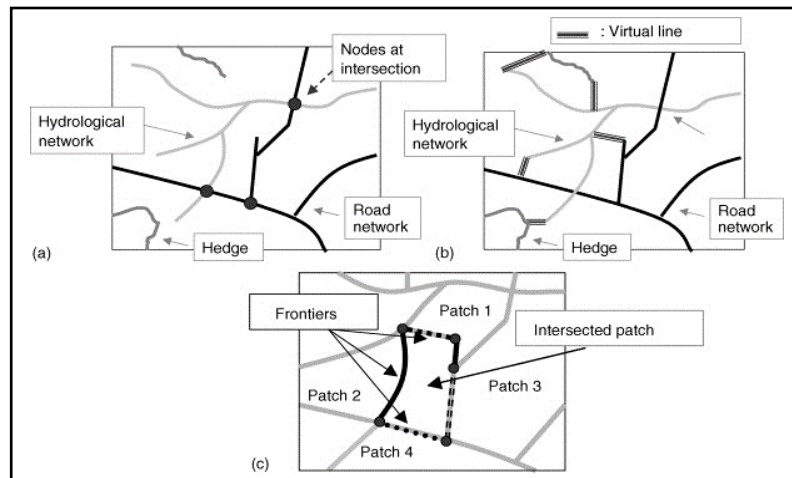
Sebuah titik dapat menggambarkan objek geografi yang berbeda-beda menurut skalanya. Sebuah titik menggambarkan kota jika pada peta skala kecil, tetapi menggambarkan objek tertentu yang lebih spesifik dalam wilayah kota, misalnya posisi pasar atau terminal, jika pada peta skala besar. Entity titik meliputi semua objek grafis atau geografis yang dikaitkan dengan koordinat. Di samping koordinat-koordinat, data atau informasi yang diasosiasikan dengan 'titik' tersebut juga harus disimpan untuk menunjukkan jenis titik yang bersangkutan (Gambar 1).



Gambar 1 Contoh data spasial dalam bentuk titik

2) Garis (*polyline*)

Sebuah garis juga dapat menggambarkan objek geografi yang berbeda-beda menurut skalanya. Sebuah garis menggambarkan jalan atau sungai pada peta skala kecil, tetapi mungkin dapat menggambarkan batas wilayah administratif pada peta skala besar. Entity garis dapat didefinisikan sebagai semua unsur-unsur linier yang dibangun dengan menggunakan segmen-segmen garis lurus yang dibentuk oleh dua titik koordinat atau lebih (lihat Gambar 2).



Gambar 2. Contoh data spasial dalam bentuk garis

3) Area (*polygon*)

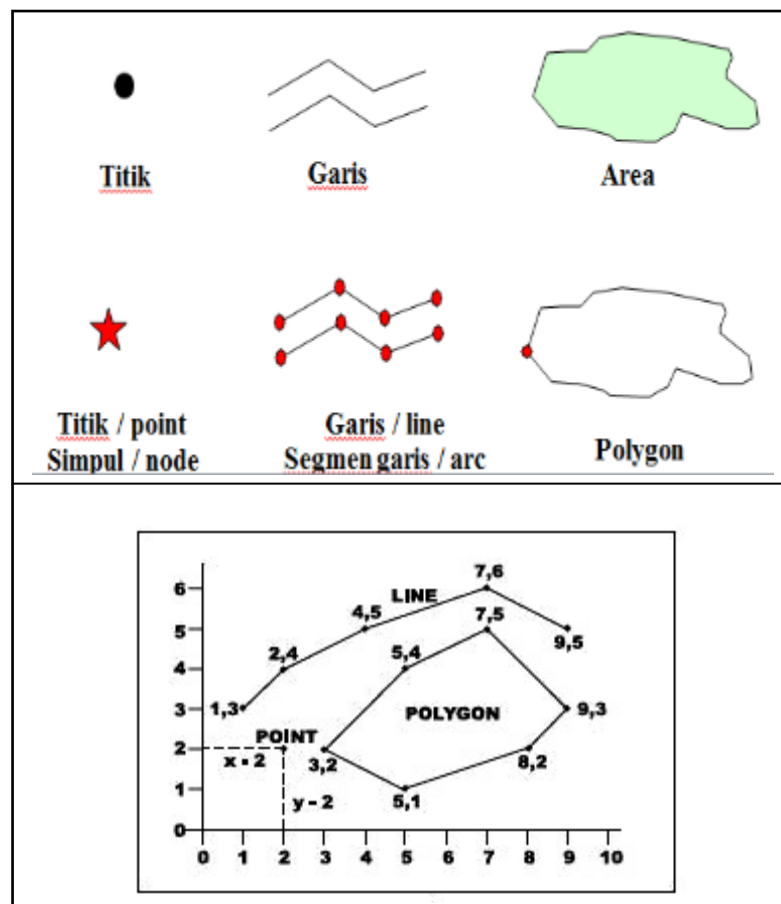
Seperti halnya titik dan garis, area juga dapat menggambarkan objek yang berbeda menurut skalanya. Area dapat menggambarkan wilayah hutan atau sawah pada peta skala besar. Cara yang paling sederhana untuk merepresentasikan suatu poligon adalah pengembangan dari cara yang digunakan untuk merepresentasikan arc yang sederhana yaitu merepresentasikan setiap poligon sebagai sekumpulan koordinat (x,y) yang membentuk segmen garis, dimana mempunyai titik awal dan titik akhir segmen garis yang sama (Lihat Gambar 3).



Gambar 3. Contoh data spasial dalam bentuk polygon

Didalam model data spasial vektor, garis-garis atau kurva merupakan sekumpulan titik-titik yang tersusun secara berurutan, kemudian dihubungkan. Sedangkan luasan atau poligon juga disimpan sebagai sekumpulan titik-titik, akan tetapi dengan catatan bahwa titik awal dan titik akhir poligon memiliki nilai koordinat yang sama dengan syarat poligon tersebut tertutup.

Representasi vektor suatu objek merupakan suatu usaha dalam menyajikan objek yang bersangkutan sebaik mungkin. Untuk itu, ruang atau dimensi koordinat diasumsikan bersifat kontinu yang memungkinkan semua posisi, panjang dan dimensi didefinisikan dengan presisi. Tampilan data vektor dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Contoh tampilan data vektor

1) Karakteristik Data Vektor

Dalam penggunaannya, data vektor memiliki karakteristik antara lain:

1. Titik distrukturisasi dan disimpan (*direcord*) sebagai satu pasang koordinat (x,y).
2. Garis distrukturisasi dan disimpan sebagai suatu susunan pasangan koordinat (x,y) yang berurutan.
3. Luasan distrukturisasikan dan disimpan sebagai suatu susunan pasangan koordinat (x,y) yang berurutan yang menyatakan segmen-segmen garis yang menutup menjadi suatu poligon.

Perbedaan karakteristik data vector dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik titik, garis, polygon dan format permukaan

Format Titik	Format Garis	Format Polygon	Format Permukaan
Kordinat tunggal	Kordinat titik awal dan akhir	Kordinat dengan titik awal	Area dengan kordinat vertical dan akhir sama
Tanpa panjang	Mempunyai panjang	Mempunyai panjang	Area dengan ketinggian
Tanpa luasan	Tanpa luasan	Mempunyai luasan	
Contoh : lokasi kecelakaan, letak pohon.	Contoh : jalan, sungai dan utility	Contoh: Tanah persil, bangunan.	Contoh : peta slope, bangunan bertingkat.

b. Data Raster

Data raster (atau disebut juga dengan sel grid) adalah data yang dihasilkan dari sistem penginderaan jauh. Pada data raster, obyek geografis direpresentasikan sebagai struktur sel grid yang disebut dengan pixel (*picture element*). Bentuk data raster merupakan gambar (*image*) atau citra yang berbentuk digital. Resolusi dari data ini adalah pixel. Semakin besar pixel yang dimiliki, maka semakin bagus (besar) resolusinya. Data raster diperoleh dari foto atau

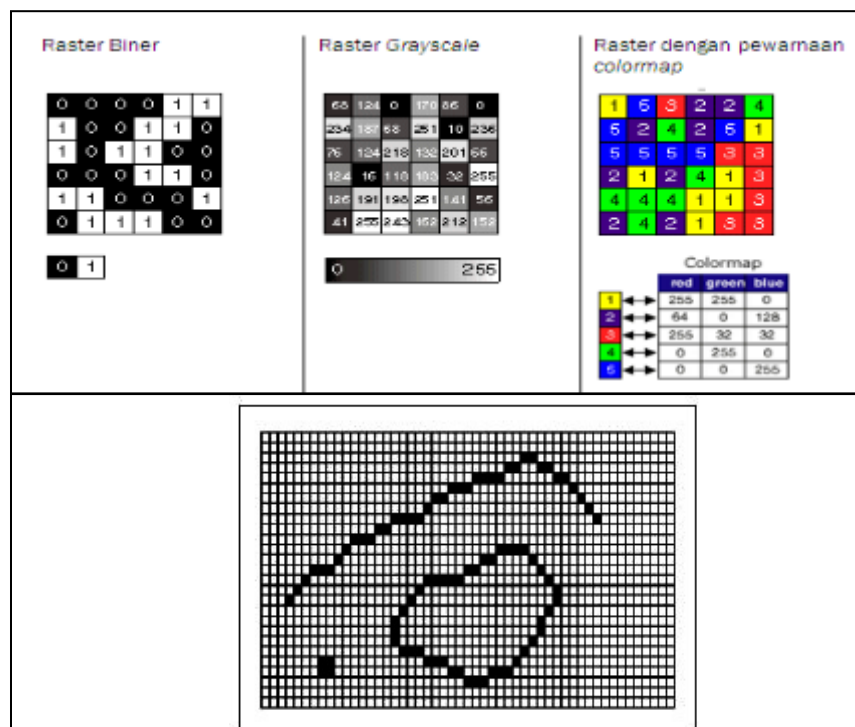
scanning. Ketika data raster dibuka dalam ArcGIS, maka ada data yang belum memiliki patokan (referensi) kordinat, namun ada juga yang sudah, oleh karenanya untuk menggunakannya lebih lanjut, maka akan dilakukan proses georeferencing yang bertujuan untuk menyesuaikan dengan letak (kordinat) sebenarnya. Dalam model data raster setiap lokasi direpresentasikan sebagai suatu posisi sel. Sel ini diorganisasikan dalam bentuk kolom dan baris sel-sel dan biasa disebut sebagai grid. Dengan kata lain, model data raster menampilkan, menempatkan, dan menyimpan data spasial dengan menggunakan struktur matriks atau piksel-piksel yang membentuk grid. Setiap piksel atau sel ini memiliki atribut tersendiri, termasuk koordinatnya yang unik. Setiap baris matrik berisikan sejumlah sel yang memiliki nilai tertentu yang merepresentasikan suatu fenomena geografik. Nilai yang dikandung oleh suatu sel adalah angka yang menunjukkan data nominal. Akurasi model data ini sangat bergantung pada resolusi atau ukuran pikselnya di permukaan bumi.

Pada model data raster, matriks atau *array* diurutkan menurut koordinat kolom (x) dan barisnya (y). Pada sistem koordinat piksel monitor komputer, titik asal sistem koordinat raster terletak di sudut kiri atas. Nilai absis (x) akan meningkat ke arah kanan, dan nilai ordinat (y) akan membesar ke arah bawah. Namun walaupun demikian sistem koordinat ini sering pula ditransformasikan sehingga titik asal sistem kordinat terletak di sudut kiri bawah, makin ke kanan nilai absisnya (x) akan meningkat dan nilai ordinatnya (y) makin meningkat jika bergerak ke arah atas.

Entitas spasial raster disimpan di dalam layer yang secara fungsi dihubungkan dengan unsur-unsur petanya. Contoh sumber-sumber entitas spasial raster antara lain : citra satelit, misalnya NOAA. Spot, Landsad Ikonos, dan lain sebagainya. Selain itu juga bisa berasal dari citra radar, dan model ketinggian digital seperti DTM atau DEM dalam model data raster. Selai itu, model raster juga mampu

memberikan informasi spasial apa yang terjadi dan lokasi kejadian dalam bentuk gambaran yang digeneralisasi. Dengan model ini, dunia nyata disajikan sebagai elemen matriks atau sel grid yang homogen. Dengan model data raster, data geografi ditandai oleh nilai-nilai elemen matriks persegi panjang dari suatu objek. Dengan demikian, secara konseptual, model data raster merupakan model data spasial yang paling sederhana.

Dalam aplikasinya, data raster dapat dikonversi ke sistem koordinat geo-referensi. Hal ini dapat dilakukan dengan cara meregistrasi sistem grid raster ke sistem koordinat geo-referensi yang diinginkan. Dengan demikian setiap sel pada grid memiliki posisi geo-referensi. Dengan adanya sistem georeferensi tersebut, maka sejumlah set data raster dapat ditata sedemikian sehingga memungkinkan dilakukan analisis spasial. Tampilan grid data raster dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Contoh Tampilan Grid Data Raster

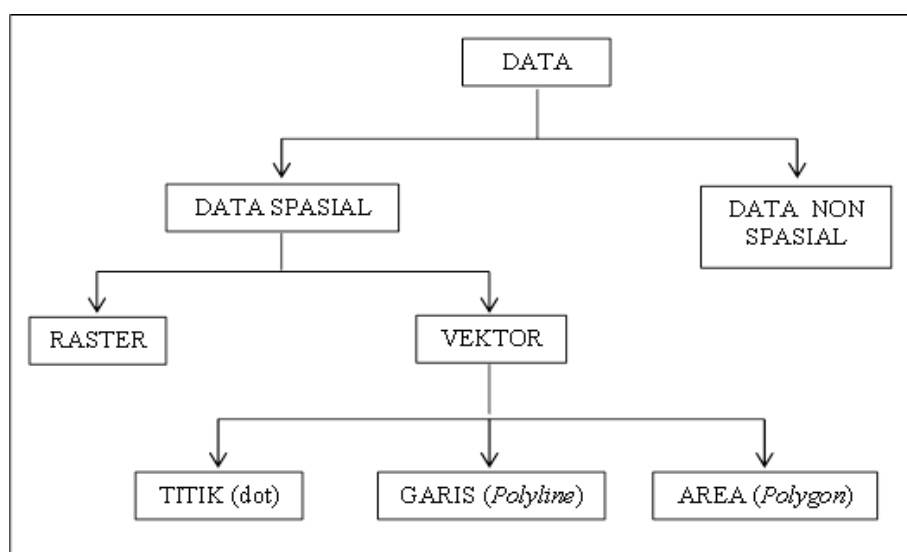
1) Karakteristik Data Raster

Resolusi suatu data raster akan merujuk pada ukuran permukaan bumi yang direpresentasikan oleh setiap piksel. Semakin kecil ukuran atau luas permukaan bumi yang dapat direpresentasikan oleh setiap pikselnya, makin tinggi resolusi spasialnya. Piksel-piksel di dalam zone atau area yang sejenis memiliki nilai (isi piksel atau ID number) yang sama. Pada umumnya lokasi di dalam model data raster diidentifikasi dengan menggunakan pasangan koordinat kolom dan baris (x, y). Nilai yang merepresentasikan suatu piksel dapat dihasilkan dengan cara sampling yang berlainan:

- Nilai suatu piksel merupakan nilai rata-rata *sampling* untuk wilayah yang direpresentasikannya.
- Nilai suatu piksel merupakan nilai sampling yang berposisi di pusat (atau di tengah) piksel yang bersangkutan.
- Nilai suatu piksel adalah nilai *sample* yang tertetak di sudut-sudut grid.

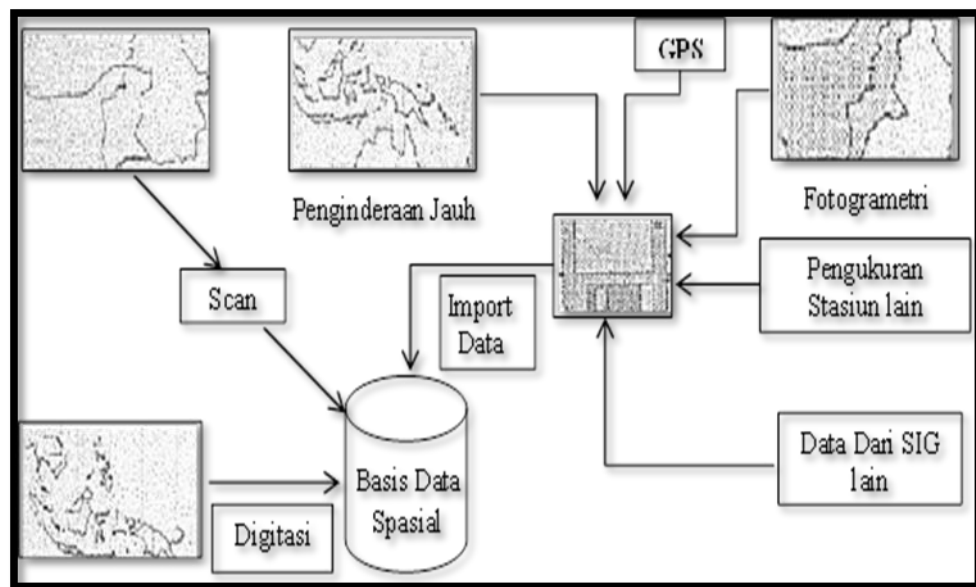
c. Struktur Data

Secara umum struktur data pada SIG dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur Data Pada SIG

Akumulasi dari data vektor dan raster, akan menjadi data yang terintegrasi menjadi sistem basis data spasial. Ilustrasi sistem basis data spasial dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Sistem Basis Data Spasial.

1) Perbandingan Raster dan Vektor

Baik data vektor maupun raster masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan, namun kedua data tersebut saling terintegrasi untuk menghasilkan informasi yang memadai. Pemilihan format data yang digunakan sangat tergantung pada tujuan penggunaan, data yang tersedia, volume data yang dihasilkan, ketelitian yang diinginkan, serta kemudahan dalam analisa. Data vektor relatif lebih ekonomis dalam hal ukuran file dan presisi dalam lokasi, tetapi sangat sulit untuk digunakan dalam komputasi matematik. Sedangkan data raster biasanya membutuhkan ruang penyimpanan file yang lebih besar dan presisi lokasinya lebih rendah, tetapi lebih mudah digunakan secara matematis. Perbandingan karakteristik data vektor dan raster dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Model Data Raster

No	Kelebihan	Kelemahan
1	Memiliki struktur data yang sederhana.	Secara umum, memerlukan ruang atau tempat penyimpanan (<i>disk</i>) yang besar di komputer. Banyak terjadi <i>redudancy</i> data baik untuk setiap layer-nya maupun secara keseluruhan.
2	Mudah dimanipulasi dengan menggunakan fungsi-fungsi matematis sederhana (karena strukturnya sederhana seperti matrik bilangan biasa)	Penggunaan ukuran grid yang lebih besar untuk menghemat ruang penyimpana akan menyebabkan kehilangan informasi dan ketelitian.
3	Teknologi yang digunakan cukup murah dan tidak begitu kompleks sehingga dapat membuat sendiri program aplikasi yang menggunakan citra raster.	Sebuah citra raster hanya mengandung satu tematik saja, sehingga sulit digabungkan dengan atribut lainnya dalam satu layer.
4	<i>Compatible</i> dengan citra satelit pengindraan jauh dan semua <i>image</i> hasil <i>scanning</i> data spasial.	Tampilan atau representasi, dan akurasi posisinya sangat bergantung pada ukuran pikselnya
5	<i>Overlay</i> dan kombinasi data spasial raster dengan data inderaja mudah dilakukan.	Sering mengalami kesalahan dalam menggambarkan bentuk dan garis-garis batas suatu objek sangat bergantung pada resolusi spasialnya dan toleransi yang diberikan.
6	Memiliki kemampuan-kemampuan pemodelan dan analisis spasial tingkat lanjut.	Transformasi koordinat dan proyeksi lebih sulit dilakukan.
7	Metode untuk mendapatkan citra raster lebih mudah (baik melalui <i>scanning</i> dengan scanner segala ukuran yang sudah beredar luas, maupun dengan menggunakan citra satelit atau konversi dan format	Sangat sulit untuk merepresentasikan hubungan topologi (juga <i>network</i>).
8	Gambaran permukaan bumi dalam bentuk citra raster yang didapat dan radar atau satelit	Metode untuk mendapatkan format data vektor melalui proses yang lama, cukup melelahkan dan relatif mahal.

	pengindraan jauh	
9	Prosedur untuk memperoleh data dalam bentuk raster lebih mudah, sederhana, dan murah.	
10	Harga sistem perangkat lunak aplikasinya cenderung lebih murah	

Tabel 3. Model Data Vektor

No	Kelebihan	Kelemahan
1	Memerlukan ruang tempat penyimpanan yang lebih sedikit di computer.	Memiliki struktur data yang kompleks
2	Satu layer dapat dikaitkan dengan atau mengandung banyak atribut sehingga dapat menghemat ruang penyimpanan secara keseluruhan.	Datanya tidak mudah dimanipulasi.
3	Dengan banyak atribut yang dapat dikandung oleh satu layer, banyak peta tematik lain yang dapat dihasilkan sebagai peta turunannya.	Pengguna tidak mudah berkreasi untuk membuat programnya sendiri untuk memenuhi kebutuhan aplikasinya. Hal ini disebabkan oleh struktur data vektor yang lebih kompleks dan prosedur fungsi dan analisisnya memerlukan kemampuan yang tinggi karena lebih sulit dan rumit.
4	Hubungan topologi dan <i>network</i> dapat dilakukan dengan mudah.	Pengguna harus membeli sistem perangkat lunaknya karena teknologinya masih mahal. Prosedurnya pun terkadang lebih sulit
5	Memiliki resolusi spasial yang tinggi.	Tidak <i>compatible</i> dengan data citra satelit pengindraan jauh.
6	Representasi grafis data spasial mirip dengan peta garis buatan manusia.	Memerlukan perangkat lunak dan perangkat keras yang lebih mahal

7	Memiliki batas-batas yang teliti, jelas sehingga baik untuk pembuatan peta-peta administrasi dan persil tanah milik.	Overlay beberapa layer vektor secara simultan memerlukan waktu yang relatif lama.
8	Transformasi koordinat dan proyeksi tidak sulit dilakukan.	

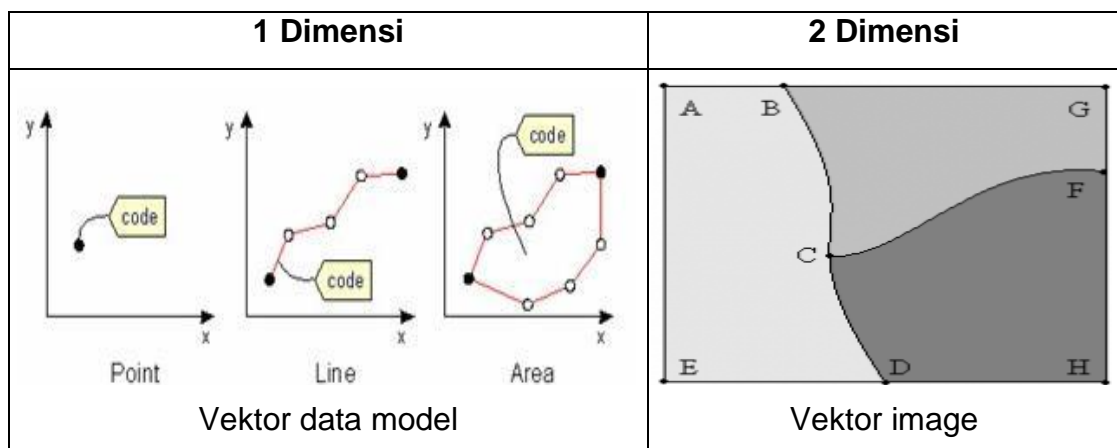
Adapun perbandingan sederhana antara data spasial dan non spasial (*attribute*) dapat dilihat pada Tabel 4.

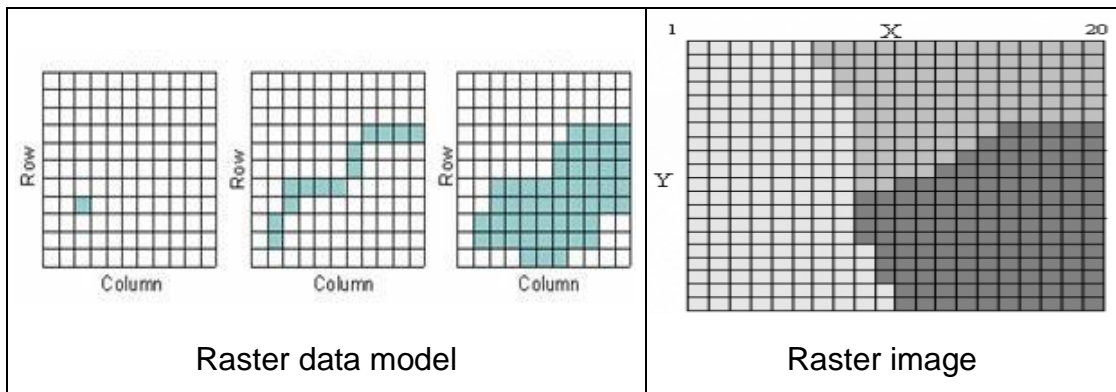
Tabel 4. Perbandingan data spasial dan non spasial

No	Jenis Data	Type	Contoh	Keterangan
1	Spasial	Vektor	piksel – piksel yang membentuk grid	
		Raster	titik-titik, garis atau polygon	
2	Non Spasial (Attribut)	Kualitatif Kuantitatif	bentuk kata-kata, angka, atau table	kepadatan penduduk, jumlah kecamatan, jenis tanah, luas, dll.

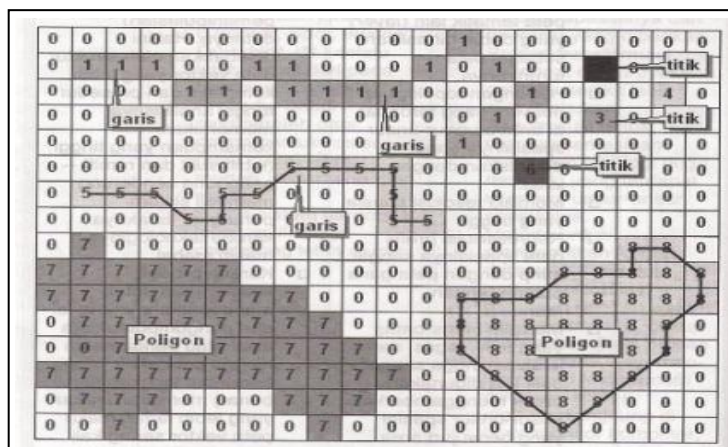
Sementara jika dilihat dari tampilan datanya, perbandingan antara data raster dengan data vektor dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan model data dan image vektor dan raster





Sebagai ilustrasi, Gambar 8 berikut menunjukkan tampilan yang berisikan unsur- spasial bergeometri titik, garis dan polygon pada model data raster maupun vektor.



Gambar 8. Contoh tampilan model data raster & vektor

d. Data Non Spasial (Atribut)

Data non spasial atau data atribut adalah data berbentuk tabel dimana tabel tersebut berisi informasi-informasi yang dimiliki oleh obyek dalam data spasial seperti : anotasi, tabel, hasil pengukuran, kategori obyek, penjelasan hasil analisis/prediksi dan lain sebagainya. Data non-spasial dapat dikategorikan ke dalam beberapa bentuk sebagai berikut :

- a. Format Tabel : Kata-kata, kode alfanumerik, angka. Contoh : hasil proses, indikasi, atribut;
- b. Format Laporan : Teks, deskripsi. Contoh : perencanaan, laporan proyek, pembahasan dan lain sebagainya;

- c. Format Pengukuran : Angka, hasil. Contoh : jarak, inventarisasi, luas dll;
- d. Format Grafik Anotasi : Kata-kata, angka-angka, simbol. Contoh : nama objek, legend, grafik/peta. Contoh: data objek permukiman.

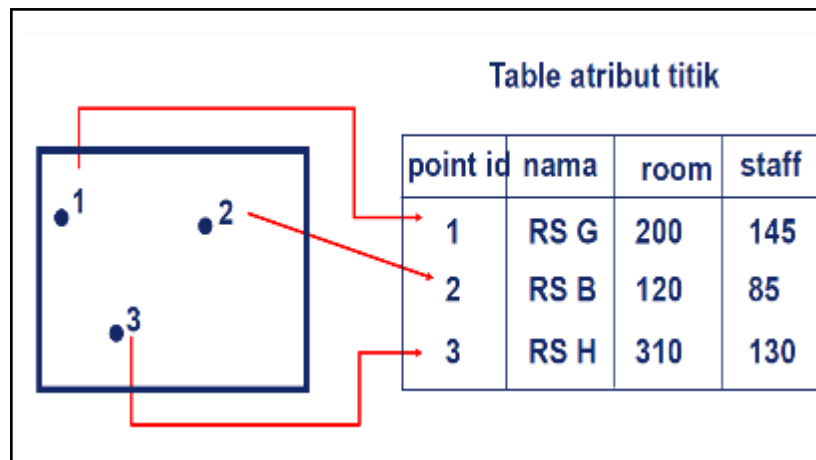
Dari uraian diatas, maka secara umum dapat dipahami bahwa baik data vektor, raster, spasial maupun data non spasial masing-masing memiliki fungsi tersendiri, dimana setiap data tersebut saling melengkapi dan terintegrasi untuk membuat atau menghasilkan peta berbasis SIG. Deskripsi data non spasial dapat dilihat pada Gambar 9.

TABEL	LAPORAN	PENGUKURAN	GRAFIK ANOTASI
Format Tabel	Format Laporan	Format Perhitungan	Format Grafik Anotasi
Kata-kata	Teks	Angka-angka	Kata
Kode alfanumerik	Deskripsi	Hasil	Angka-angka
Angka-angka			Simbol
Contoh			
Hasil proses	Perencanaan	Jarak	Nama obyek
Indikasi	Laporan proyek	Inventarisasi	Legend
Atribut	Pembahasan	Luas	Grafik

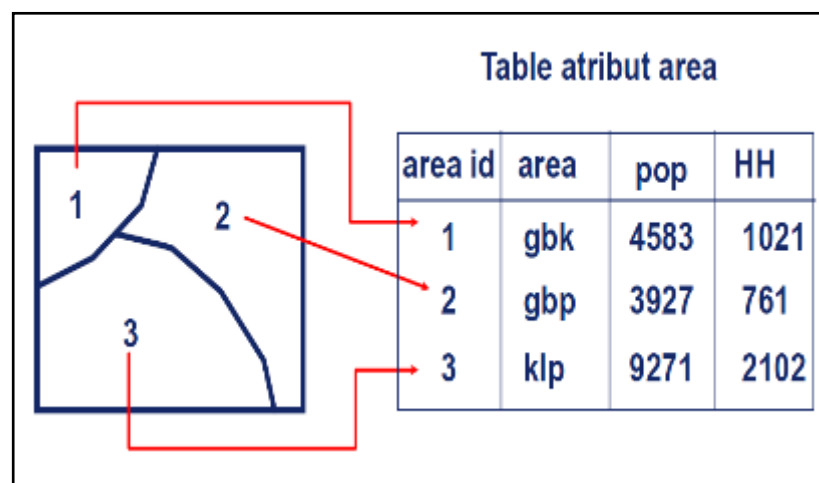
Gambar 9. Deskripsi data non spasial

1) Penyimpanan Data Atribut

Data atribut disimpan terpisah dari data koordinat. Setiap identitas dari fitur dapat dihubungkan dengan tabel atribut masing-masing : tabel atribut untuk titik, tabel atribut untuk garis dan tabel atribut untuk area. Data atribut biasanya disimpan dalam database yang terpisah dari software GIS. Gambar 10 dan 11 menunjukkan contoh penyimpanan data atribut untuk fitur yang berupa titik dan area.



Gambar 10. Contoh penyimpanan data atribut untuk fitur yang berupa titik



Gambar 11. Contoh penyimpanan data atribut untuk fitur yang berupa area

D. Aktivitas Pembelajaran

Dalam pembelajaran ini peserta ajar diharapkan mengikuti prosedur sebagai berikut :

1. Pahami tujuan pembelajaran dengan baik.
2. Bacalah materi secara perlahan dan berurutan, kemudian coba atau ikuti instruksi yang diberikan.

3. Berhentilah sejenak dan coba berulang kali ketika ketika berada pada langkah atau tahap-tahap yang sulit, dan lakukan berbagai tindakan yang memungkinkan anda memahaminya dengan baik, termasuk bertanya kepada instruktur.
4. Tutuplah buku anda, lalu cobalah jalankan aplikasi yang ada.
5. Jika masih ada yang tidak bisa, baca kembali instruksi dan coba lagi hingga terbiasa.

Aktivitas pembelajaran meliputi kegiatan:

- Studi literatur
- Diskusi dan tugas

LK 2.01 Kegiatan Studi Literatur

No	Kegiatan	Hasil Diskusi/Pemahaman	Sumber/Studi Literatur
1	Pengertian dan Jenis-jenis Data <ul style="list-style-type: none"> • Jelaskan pengertian Data Spasial, • Jelaskan pengertian Data non spasial • Berikan masing-masing contohnya 		
2	<ul style="list-style-type: none"> • Jelaskan langkah-langkah untuk memperoleh data (spasial dan non spasial) 		
3	Bentuk data spasial (keruangan) <ul style="list-style-type: none"> • Uraikanlah perbedaan data raster dan vektor 		
	Bentuk data non spasial (atribut) <ul style="list-style-type: none"> • Uraikanlah bentuk-bentuk data non spasial 		
4	Sistem Proyeksi		

	<ul style="list-style-type: none"> • Jelaskan pengertian sistem proyeksi • Jelaskan jenis-jenis sistem proyeksi • Jelaskan perbedaan sistem kordinat dan sistem UTM 		
5	Pemanfaatan Aplikasi GIS <ul style="list-style-type: none"> • Jelaskan pemanfaatan aplikasi GIS dalam kehidupan sehari-hari • Jelaskan keunggulan atau kemudahan GIS dalam memberikan informasi 		

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Lakukan langkah-langkah pembelajaran sebagaimana dijelaskan di atas.
2. Diskusikanlah secara berkelompok topik-topik yang berkaitan dengan materi diatas.
3. Jelaskan jenis data dasar yang sangat mendukung aplikasi GIS
4. Jelaskan jelaskan bentuk-bentuk data spasial
5. Jelaskan perbedaan antara data vektor dan data raster

F. Rangkuman

Komponen-komponen pendukung SIG terdiri dari lima komponen yang bekerja secara terintegrasi yaitu: perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), data, manusia, dan metode. Pada prinsipnya terdapat dua jenis data untuk mendukung SIG yaitu : Data Spasial (keruangan) dan Data Non Spasial (Atribut/Deskripsi).

1. Data Spasial

Data spasial adalah data yang bereferensi geografis atas representasi obyek di bumi. umumnya berdasarkan peta yang berisikan interpretasi dan proyeksi seluruh fenomena yang berada di bumi. Fenomena tersebut berupa fenomena alamiah dan buatan manusia. Data pada SIG/GIS memiliki berbagai macam bentuk, mulai dari data mentah maupun data yang sudah dalam bentuk siap tampil. Data spasial memiliki dua jenis tipe yaitu data vektor dan data raster. Model data vektor mampu menampilkan, menempatkan, dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik-titik, garis-garis atau kurva, atau poligon beserta atribut-atributnya dengan format digital dan disimpan dalam bentuk koordinat x,y (vector). Sedangkan Model data raster mampu menampilkan, dan menyimpan data spasial dengan menggunakan struktur matriks atau piksel – piksel yang membentuk grid.

1.1. Data Vektor

Data vektor adalah data yang terdiri dari titik-titik node yang memberikan lokasi koordinat. Data vektor merupakan bentuk bumi yang direpresentasikan ke dalam kumpulan garis, area (daerah yang dibatasi oleh garis yang berawal dan berakhir pada titik yang sama), titik dan node (merupakan titik perpotongan antara dua buah garis).

Secara umum bentuk-bentuk data spasial terbagi 3, yaitu:

1) Titik (dot)

Sebuah titik dapat menggambarkan objek geografi yang berbeda-beda menurut skalanya. Sebuah titik menggambarkan kota jika pada peta skala kecil, tetapi menggambarkan objek tertentu yang lebih spesifik dalam wilayah kota, misalnya posisi pasar atau terminal, jika pada peta skala besar.

2) Garis (*polyline*)

Sebuah garis juga dapat menggambarkan objek geografi yang berbeda-beda menurut skalanya. Sebuah garis menggambarkan jalan atau sungai pada peta skala kecil, tetapi mungkin dapat menggambarkan batas wilayah administratif pada peta skala besar.

3) Area (*polygon*)

Seperti halnya titik dan garis, area juga dapat menggambarkan objek yang berbeda menurut skalanya. Area dapat menggambarkan wilayah hutan atau sawah pada peta skala besar.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah memahami modul ini, silahkan bentuk kelompok-kelompok kecil, lalu diskusikan berbagai hal terutama pada kendala-kendala yang anda hadapi. Masing-masing kelompok menyajikan hasil pemahamannya kepada kelompok lain, dan kelompok lain dipersilahkan menanggapi, memberi ide, saran dan kritik.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

MENGANALISIS SUMBER-SUMBER DATA SPASIAL DAN NON SPASIAL

A. Tujuan :

Setelah penyajian materi ini, peserta ajar diharapkan memperoleh pengetahuan tentang :

1. Mengetahui sumber-sumber data, baik data spasial maupun data atribut;
2. Memahami cara memperoleh data yang dibutuhkan.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Pencapaian kompetensi pada pembelajaran ini, dapat diukur melalui beberapa indikator antara lain :

1. Peserta memahami dari mana sumber data yang dibutuhkan;
2. Peserta memahami cara memperoleh data yang dibutuhkan.

C. Uraian Materi

1. Pengetahuan Dasar.

Perkembangan teknologi, sejatinya harus mampu menjawab kebutuhan dan kemudahan yang diinginkan oleh pengguna. Misalnya seseorang dapat menganalisis suatu daerah atau wilayah tanpa harus mengunjungi daerah atau wilayah yang bersangkutan. Pada era kekinian kebutuhan tersebut telah terpenuhi dengan adanya *Geographic Information System* (GIS). *Geographic Information System* atau Sistem Informasi Geografis adalah sistem yang digunakan untuk mengatur (*management*), menganalisis (*analysis*), dan menggambarkan (*display*) Informasi Geografis. Informasi Geografis digambarkan oleh sekumpulan data geografis yang dimodelkan secara

sederhana (*simple*), umum (*generic*), dan terstruktur (*structural*). GIS mengandung seperangkat *tools* untuk bekerja dengan data geografik. GIS merupakan suatu paket perangkat sistem informasi yang berbasis spasial. Informasi spasial adalah informasi yang menyangkut lokasi dan koordinat di permukaan bumi. Pada sistem itu disajikan data permukaan bumi secara lengkap misalnya keadaan geologi, topografi, jenis tanah, hidrologi, iklim, dan budaya.

Pada sebuah peta, informasi lokasi yang ada di dalamnya akan sangat membantu menemukan tempat yang ingin dituju dan memberikan informasi arah. Komponen-komponen pendukung SIG terdiri dari lima komponen yang bekerja secara terintegrasi yaitu: perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), data, manusia, dan metode. Kesemuanya itu dibutuhkan untuk mendapatkan, mengolah, menganalisa, dan menampilkan seluruh informasi geografis, atau lokasi (spasial). Agar *output* yang dihasilkan sesuai dengan apa yang diinginkan, maka sebagai sebuah sistem, SIG tentu membutuhkan data *input* berupa data spasial, atribut atau data lainnya. Data-data tersebut dapat diperoleh melalui beberapa sumber data.

2. Sumber Data Spasial

Salah satu syarat SIG adalah data spasial, yang dapat diperoleh dari beberapa sumber antara lain :

a. Peta Analog

Peta analog (antara lain peta topografi, peta tanah dan sebagainya) yaitu peta dalam bentuk cetak. Pada umumnya peta analog dibuat dengan teknik kartografi, kemungkinan besar memiliki referensi spasia seperti koordinat, skala, arah mata angin dan sebagainya. Dalam tahapan SIG sebagai keperluan sumber data, peta analog dikonversi menjadi peta digital dengan cara format raster diubah menjadi format vektor melalui proses dijitasi sehingga dapat menunjukkan koordinat sebenarnya di permukaan bumi.

b. Data Sistem Penginderaan Jauh

Data penginderaan jauh (antara lain citra satelit, foto udara dan sebagainya), merupakan sumber data yang terpenting bagi SIG karena ketersediannya secara berkala dan mencakup area tertentu. Dengan adanya bermacam-macam satelit di ruang angkasa dengan spesifikasinya masing-masing, maka dapat diperoleh berbagai data untuk beragam tujuan pemakaian. Data ini biasanya direpresentasikan dalam format raster.

1. Citra Satelit

Citra merupakan masukan data atau hasil observasi dalam proses penginderaan jauh. Penginderaan Jauh atau *remote sensing* didefinisikan sebagai ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau fenomena tersebut. Citra dapat diartikan sebagai gambaran yang tampak dari suatu obyek yang sedang diamati, sebagai hasil liputan atau rekaman suatu alat pemantau/sensor, baik optik, elektrooptik, optik-mekanik maupun elektromekanik. Citra memerlukan proses interpretasi atau penafsiran terlebih dahulu dalam pemanfaatannya. Citra satelit merupakan hasil dari pemotretan/perekaman alat sensor yang dipasang pada wahana satelit ruang angkasa dengan ketinggian lebih dari 400 km dari permukaan bumi.

Kemampuan sensor dalam merekam obyek terkecil pada tiap pikselnya disebut dengan resolusi spasial. Berdasarkan tingkatan resolusinya citra satelit dibedakan menjadi 3 macam, yaitu :

- a) Citra resolusi rendah, memiliki resolusi spasial antara 15 m s/d 30 m (Citra satelit *Landsat*);
- b) Citra resolusi sedang, memiliki resolusi spasial 2.5 m s/d 10 m (Citra satelit *SPOT*);

- c) Citra resolusi tinggi, memiliki resolusi spasial 0.6 m s/d 1 m (Citra satelit Ikonos dan *Quickbird*).

2. Foto Udara

Citra foto udara adalah salah satu jenis citra hasil dari perekaman muka bumi dengan menggunakan wahana pemotretan udara seperti pesawat terbang ataupun wahana darat bergerak. Model pengambilan citra dengan wahana darat bergerak, istilah ini dinamakan dengan istilah *ground Based Remote Sensing*. Metode ini digunakan sebagai kontrol dari citra foto yang diambil menggunakan wahana pesawat terbang. Citra foto hasil metode ini lebih jelas dan lebih mudah dalam pengenalan obyeknya. Pemotretan udara pada umumnya menggunakan kamera dan film, dan menghasilkan potret (data analog). Dalam pemotretan menggunakan pesawat terbang, sensor diletakkan pada dasar yang stabil pada pesawat terbang tersebut.

Dalam perkembangannya saat ini sensor yang sering dipakai adalah jenis kamera foto udara digital yang memiliki lebih dari satu saluran optis. Kamera tersebut adalah kamera foto udara tipe *Vexcel Ultracam D*. Kamera ini biasanya digunakan dengan menggunakan pesawat terbang kecil atau bisa juga dengan menggunakan helikopter.

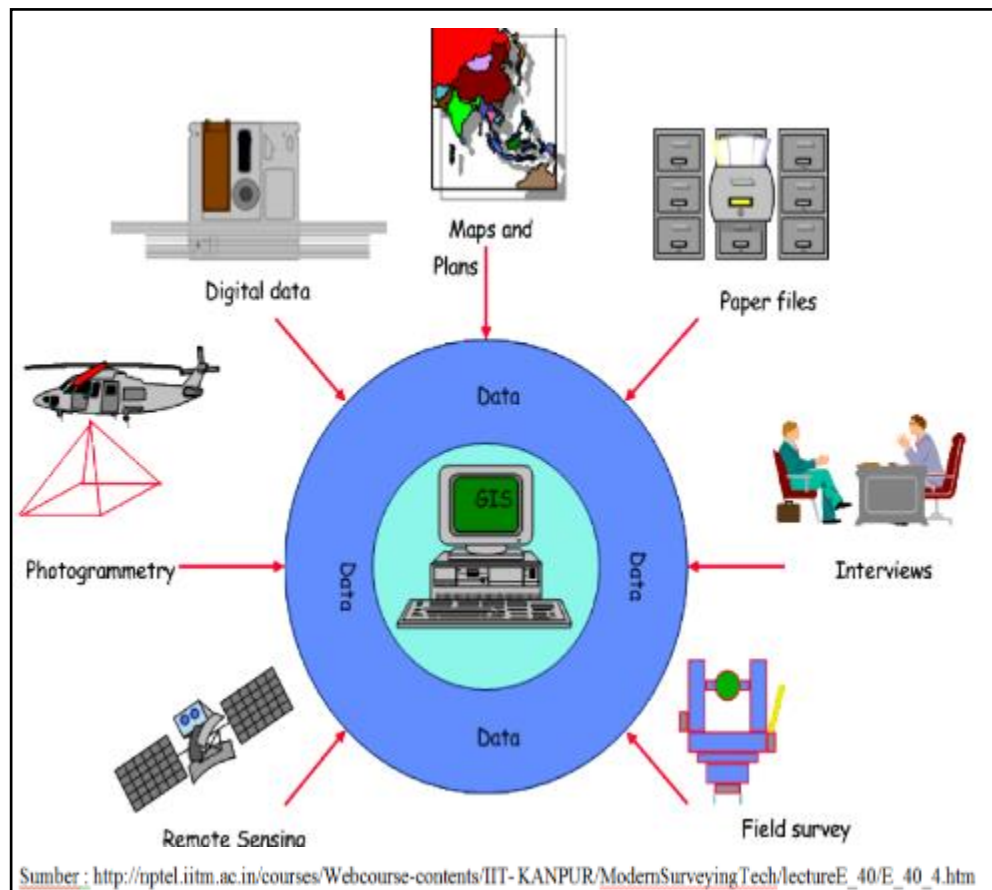
c. Data Hasil Pengukuran Lapangan

Data pengukuran lapangan yang dihasilkan berdasarkan teknik perhitungan tersendiri, pada umumnya data ini merupakan sumber data atribut, contohnya : batas administrasi, batas kepemilikan lahan, batas persil, batas hak perusahaan hutan dan lain-lain.

d. Data GPS (*Global Positioning System*)

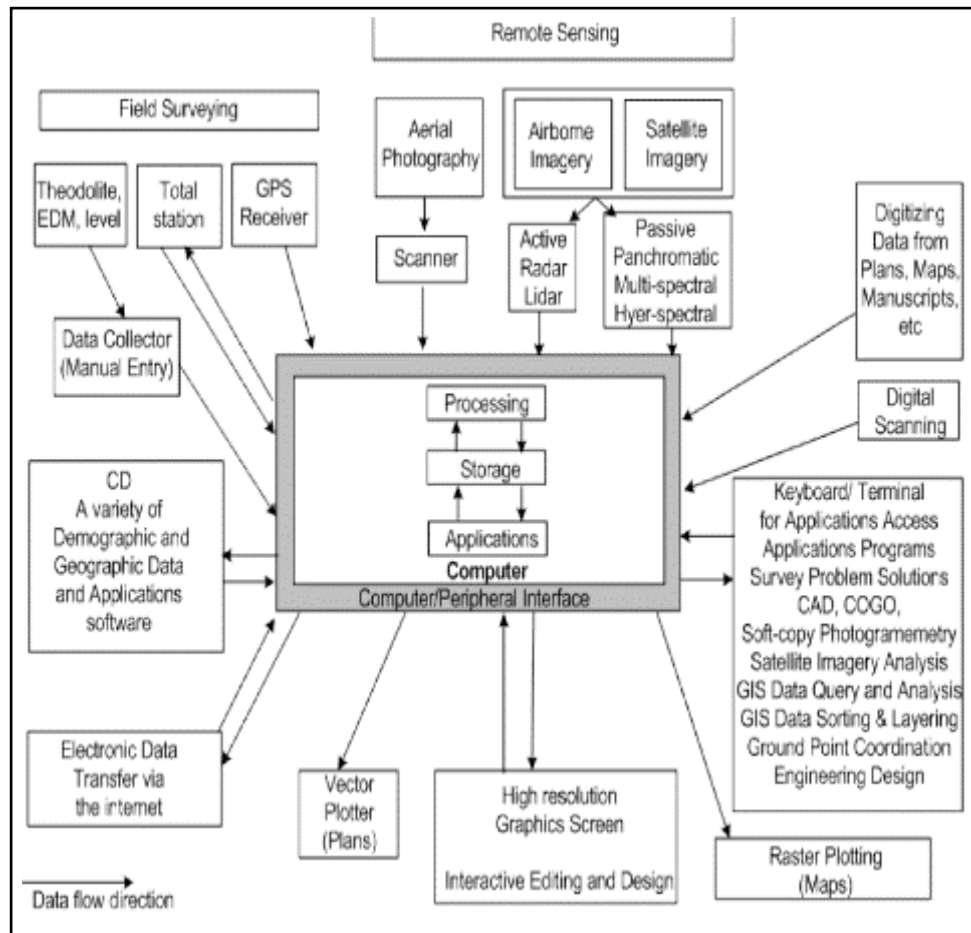
Teknologi GPS memberikan terobosan penting dalam menyediakan data bagi SIG. Keakuratan pengukuran GPS

semakin tinggi dengan berkembangnya teknologi. Data ini bisanya direpresentasikan dalam format vektor. Secara umum sumber data GIS dapat dilihat pada Gambar 12 dan 13 berikut.



Gambar 12. Ilustrasi Sumber data GIS

Sementara sumber data non spasial yang berupa tabel-tabel data sekunder yang bersumber dari instansi yang terkait semisal data penduduk yang didapat dari Badan Pusat Statistik (BPS), data iklim yang didapat dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), data jalan dari PU dan sebagainya. Semua data ini didapat dengan melakukan koordinasi dengan pihak-pihak terkait sesuai dengan tema SIG yang direncanakan.



Gambar 13. *Breakdown* Sumber data GIS

D. Aktivitas Pembelajaran

Dalam pembelajaran ini peserta ajar diharapkan mengikuti prosedur sebagai berikut :

1. Pahami tujuan pembelajaran dengan baik.
2. Bacalah materi secara perlahan dan berurutan, kemudian coba atau ikuti instruksi yang diberikan.
3. Berhentilah sejenak dan coba berulang kali ketika ketika berada pada langkah atau tahap-tahap yang sulit, dan lakukan berbagai tindakan yang memungkinkan anda memahaminya dengan baik, termasuk bertanya kepada instruktur.

4. Tutuplah buku anda, lalu cobalah jalankan aplikasi yang ada.
5. Jika masih ada yang tidak bisa, baca kembali instruksi dan coba lagi hingga terbiasa.

Aktivitas pembelajaran meliputi kegiatan:

- Studi literatur
- Diskusi dan tugas

LK 2.01 Kegiatan Studi Literatur

No	Kegiatan	Hasil Diskusi/Pemaha man	Sumber/Stu di Literatur
1	Sumber Data Spasial dan Non Spasial <ul style="list-style-type: none"> • Jelaskan sumber Data Spasial, • Jelaskan sumber Data non spasial • Berikan masing-masing contohnya 		
2	Bagaimana cara memperoleh data spasial dan non spasial		

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Lakukan langkah-langkah pembelajaran sebagaimana dijelaskan di atas.
2. Diskusikanlah secara berkelompok topik-topik yang berkaitan dengan materi diatas.
3. Bagaimana cara memperoleh data spasial dan data non spasial yang mendukung sistem informasi geografis.

F. Rangkuman

Geographic Information System atau Sistem Informasi Geogrfsis adalah sistem yang digunakan untuk mengatur (*management*), menganalisis

(*analysis*), dan menggambarkan (*display*) Informasi Geografis. Informasi Geografis digambarkan oleh sekumpulan data geografis yang dimodelkan secara sederhana (*simple*), umum (*generic*), dan terstruktur (*structural*). Komponen-komponen pendukung SIG terdiri dari lima komponen yang bekerja secara terintegrasi yaitu: perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), data, manusia, dan metode.

Sumber data spasial meliputi peta analog, data sistem penginderaan jauh, data hasil pengukuran lapangan (*terestris*), dan data GPS (*Global Positioning System*).

Sementara sumber data non spasial yang berupa tabel-tabel data sekunder yang bersumber dari instansi yang terkait semisal data penduduk yang didapat dari Badan Pusat Statistik (BPS), data iklim yang didapat dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), data jalan dari PU dan sebagainya. Semua data ini didapat dengan melakukan koordinasi dengan pihak-pihak terkait sesuai dengan tema SIG yang direncanakan.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah peserta selesai mempelajari modul ini, peserta diharapkan berkenan membentuk kelompok-kelompok kecil untuk berdiskusi, dan mencoba mempraktikkannya bersama. Setelah itu masing-masing kelompok diharapkan menceritakan kendala dan cara mengatasinya.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

MENGELOLA DATA SPASIAL DAN NON SPASIAL

A. Tujuan

Setelah penyajian materi ini, peserta ajar diharapkan memperoleh pengetahuan tentang :

1. Memahami cara mengelola data spasial dan non spasial yang dibutuhkan dalam sebuah pembuatan peta;
2. Memahami sistem proyeksi dalam pembuatan peta.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Pencapaian kompetensi pada pembelajaran ini, dapat diukur melalui beberapa indikator antara lain :

1. Peserta memahami cara mengelola data spasial dan non spasial yang dibutuhkan dalam sebuah pembuatan peta;
2. Peserta memahami sistem proyeksi dalam pembuatan peta.

C. Uraian Materi

1. Pengertian Dasar

a. Menenal Sistem Proyeksi

Untuk menggambarkan permukaan bumi yang berbentuk bola (mendekati bola/ellipse) ke dalam bentuk peta (gambar 2 dimensi), diperlukan sebuah persamaan matematis untuk mentransformasikannya. Persamaan matematis ini dikenal sebagai sistem koordinat. Penggunaan sistem koordinat merupakan ciri khas utama GIS karena sistem koordinat inilah yang menunjukkan referensi geografis pada data-data GIS. Dengan kata lain, sistem koordinat merupakan semacam pendekatan dalam mendefinisikan posisi data-data GIS di atas permukaan bumi. Pada umumnya, di Indonesia ada

dua jenis sistem koordinat yang lazim digunakan yakni Sistem Koordinat Geografis (*Geographic Coordinate System/GCS*), dan UTM (*Universal Transverse Mercator*).

Kedua sistem koordinat tersebut menggunakan datum global WGS (*World Geodetic System*) 84. Datum global merupakan salah satu pendekatan dalam membuat permukaan bumi mendekati ellipse sempurna. Dalam kenyataannya, bumi ini tidaklah berbentuk ellipse secara utuh. Oleh karena itu, diperlukan beragam pendekatan dengan cara proyeksi untuk membuat permukaan bola bumi (titik ketinggian nol) mendekati ellipse, agar sistem koordinat bisa diterapkan.

Sistem proyeksi adalah suatu transformasi yang digunakan untuk merubah tampilan dari bentuk bola bumi 3 dimensi menjadi bentuk peta pada bidang datar. Berdasarkan bidang proyeksi yang digunakan, proyeksi peta dibagi menjadi 3 macam yaitu :

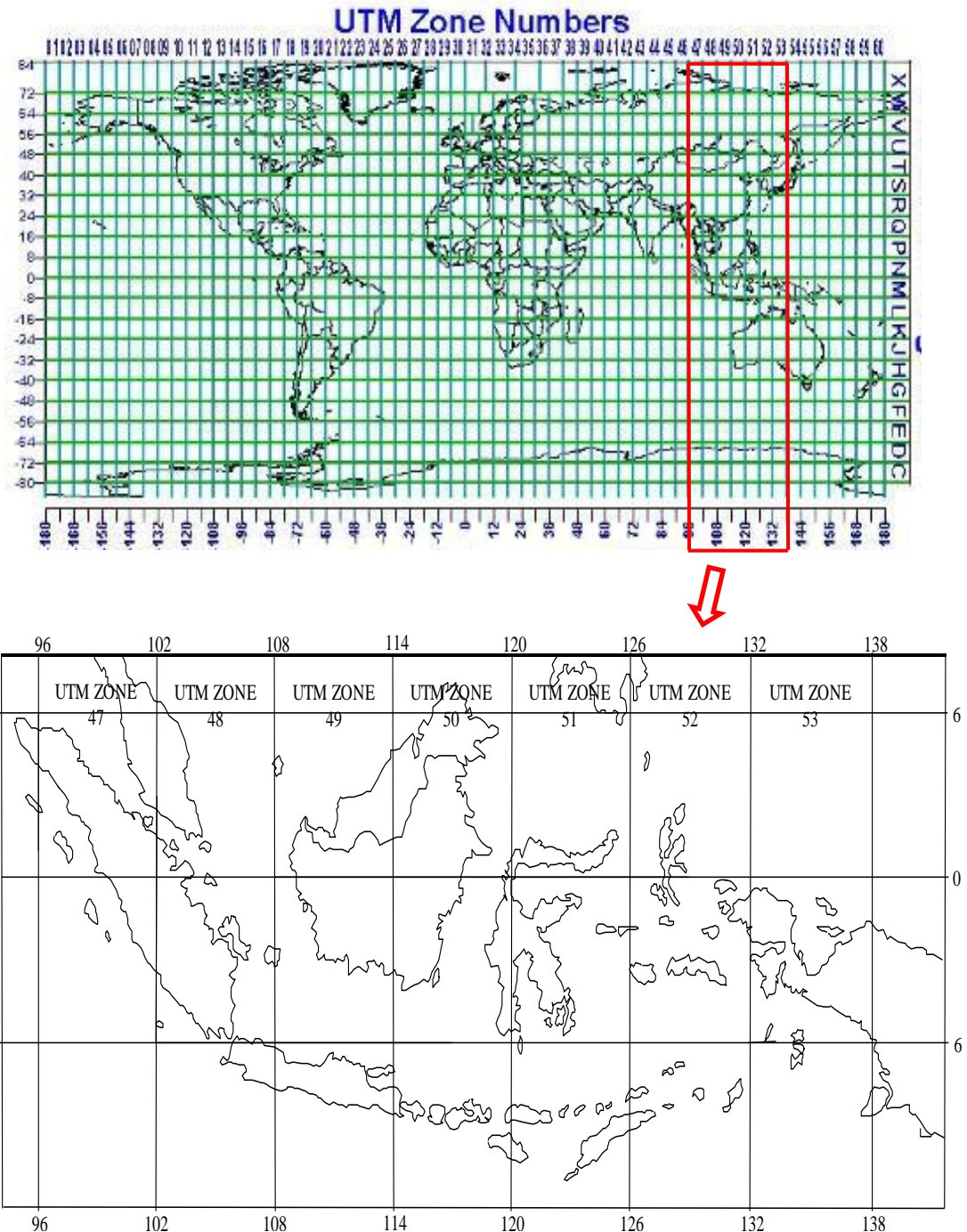
1. Proyeksi datar
2. Proyeksi Kerucut
3. Proyeksi silinder

b. Proyeksi Universal Transverse Mercator (UTM),

Koordinat *Universal Transverse Mercator* merupakan metode grid berbasis menentukan lokasi di permukaan bumi yang merupakan aplikasi praktis dari 2 dimensi. UTM dikembangkan oleh Amerika Serikat *Army Corps of Engineers* pada tahun 1940-an. Sistem ini didasarkan pada model yang ellipsoidal bumi. Saat ini WGS84 ellipsoid digunakan sebagai model yang mendasari bumi dalam sistem koordinat UTM.

Proyeksi *Universal Transverse Mercator*, adalah salah satu sistem proyeksi yang menggunakan bidang silinder sebagai sistem proyeksinya. Proyeksi ini memotong bola bumi pada dua buah meridian yang disebut meridian standar. Meridian pada pusat zona disebut meridian tengah. Daerah diantara dua meridian ini disebut

zona. Lebar tiap zona adalah 6 derajat, Dengan demikian, maka pada keliling penuh bumi dibagi menjadi 60 zona (lihat Gambar 14).



Gambar 14. Zona UTM Dunia dan Indonesia

Proyeksi UTM memiliki karakteristik antara lain :

- Membagi bumi menjadi 60 zona

- Perbesaran pada meridian tengah adalah 0.9996
- Perbesaran pada meridian standar adalah 1
- Perbesaran pada meridian tepi adalah 1.001
- Ukuran satuannya adalah meter

Proyeksi dilakukan antar garis bujur setiap 60. Setiap daerah yang dibatasi oleh garis bujur sejauh 60 ini disebut zone UTM. Dengan demikian mengacu pada bentuk bumi bulat sempurna (3600), terdapat 60 zona UTM di dunia. Zona 1 dimulai dari 1800 Bujur Barat (BB) hingga 1740 BB, zona 2 dari 1740 BB hingga 1680BB, terus ke arah timur hingga zona 60 yang dimulai dari 1740 Bujur Timur (BT) hingga 1800 BT. Secara keseluruhan terdapat 120 zona UTM didunia karena tiap zona yang ada dibagi lagi menjadi bagian utara (*north*) garis khatulistiwa dan bagian selatan (*south*) garis khatulistiwa.

c. **Proyeksi Geographic Coordinate System (GCS)**

GCS merupakan sistem koordinat yang mengacu terhadap bentuk bumi sesungguhnya yakni mendekati bola (*ellipse*). Posisi objek di permukaan bumi didefinisikan berdasarkan garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*). Garis lintang adalah garis vertikal yang mengukur sudut antara suatu titik dengan equator/garis khatulistiwa. Sedangkan garis bujur adalah garis horizontal yang mengukur sudut suatu titik dengan titik nol bumi yakni *Greenwich* di London Britania Raya. Unit satuan dari GCS adalah derajat. Garis lintang (*latitude*) terbagi menjadi dua yakni Lintang Utara (00 s/d 900) dan Lintang Selatan (00 s/d -900). Sedangkan garis bujur (*longitude*) juga terbagi menjadi dua yakni Bujur Barat (00 s/d 1800) dan Bujur Timur (00s/d - 1800).

Penulisan koordinat pada GCS mengikuti kaidah dalam sistem koordinat kartesius yakni x,y dengan titik (0,0) pada perpotongan

garis khatulistiwa dan Greenwich. Garis lintang merepresentasikan posisi y dan garis bujur merepresentasikan posisi x. Unit satuan GCS bisa juga ditulis dalam DMS (*Degree Minute Second*) dengan 1 derajat = 60 menit dan 1 menit = 60 detik. Proyeksi *Geographic Coordinate System* adalah sistem proyeksi yang menggunakan *surface* 3 dimensi untuk membentuk grid vertikal dan horisontal. Grid vertikal merupakan garis bujur, dan grid horisontal adalah garis lintang. *Geographic Coordinate System* membagi muka bumi menjadi 4 bagian (kuadran) yang garis baginya yaitu garis bujur 0 dan lintang 0 derajat.

Dalam upaya mengubah peta dalam bentuk fisik (atau dalam bentuk lembaran) ke dalam peta digital, maka sebelumnya perlu dibentuk persepsi yang sama tentang referensi posisinya (atau kordinatnya) di permukaan bumi. Proses penyamaan referensi kordinat tersebut disebut dengan *georeferencing*. Georeferencing adalah proses agar peta yang akan digunakan mempunyai referensi geografis. Jika data yang akan diolah adalah data yang belum ada referensi kordinatnya, maka harus dilakukan georeferencing terlebih dahulu.

D. Aktivitas Pembelajaran

Dalam pembelajaran ini peserta ajar diharapkan mengikuti prosedur sebagai berikut :

1. Pahami tujuan pembelajaran dengan baik.
2. Bacalah materi secara perlahan dan berurutan, kemudian coba atau ikuti instruksi yang diberikan.
3. Berhentilah sejenak dan coba berulang kali ketika ketika berada pada langkah atau tahap-tahap yang sulit, dan lakukan berbagai tindakan yang memungkinkan anda memahaminya dengan baik, termasuk bertanya kepada instruktur.
4. Tutuplah buku anda, lalu cobalah jalankan aplikasi yang ada.

5. Jika masih ada yang tidak bisa, baca kembali instruksi dan coba lagi hingga terbiasa.

Aktivitas pembelajaran meliputi kegiatan:

- Studi literatur
- Diskusi dan tugas
- Praktek dengan PC atau laptop

LK 2.01 Kegiatan Studi Literatur

No	Kegiatan	Hasil Diskusi/Pemahaman	Sumber/Studi Literatur
1	<p>Sistem Proyeksi</p> <ul style="list-style-type: none">• Sebutkan tiga proyeksi petav berdasarkan bidang proyeksi• Jelaskan sistem Proyeksi <i>Universal Transverse Mercator</i> (UTM)• Jelaskan sistem Proyeksi <i>Geographic Coordinate System</i> (GCS)		

Lakukan praktik berikut ini menggunakan PC ataupun laptop peserta masing-masing yang telah diinstall software ArcMap.

1. Tujuan

Georeferencing pada umumnya bertujuan untuk menyamakan letak posisi (atau kordinat) suatu objek yang ada dipermukaan ke dalam selebar peta, agar peta yang akan digunakan mempunyai referensi geografis. Suatu proses pengolahan peta akan membutuhkan peta dasar atau harus memiliki titik referensi sebagai titik acuan.

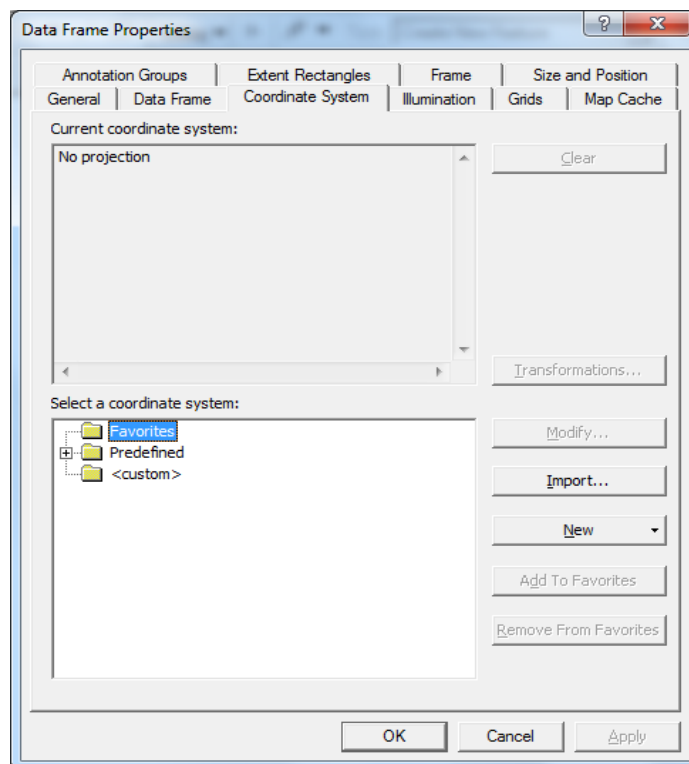
2. Tahapan

Secara umum, ada dua metode *georeferencing* yang biasanya digunakan dalam aplikasi GIS, yaitu metode *add control point*, dan *georeference to other map*.

a. Georeferencing Metode Add Control Point

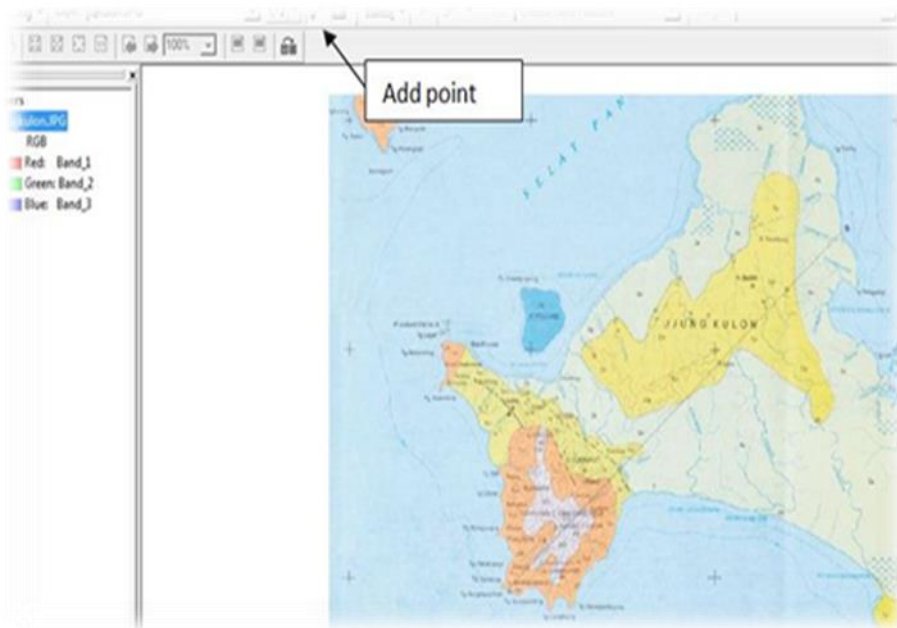
Pada metode ini pengguna harus memasukkan nilai-nilai koordinat peta sesuai dengan posisi sebenarnya di muka bumi. Kemudian perhatikan apakah koordinatnya menggunakan GCS atau UTM. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk melakukan georeferencing dengan *add control point*:

1. Buka Arc Map, tentukan sistem koordinat yang dipakai dengan membuka **menu > data frame properties >** pada tab **coordinate system**. Misalkan dipilih predefined proyeksi yaitu : CGS_WGS1984, lalu klik **apply**



Gambar 15. Menentukan Sistem Koodinat

2. Tambahkan file raster yang akan di georeferencing. Pada saat pembukaannya akan muncul notifikasi bahwa file tersebut belum ada referensi spasialnya.
3. Klik pada icon add point, pada tool georeferencing (seperti gambar dibawah)



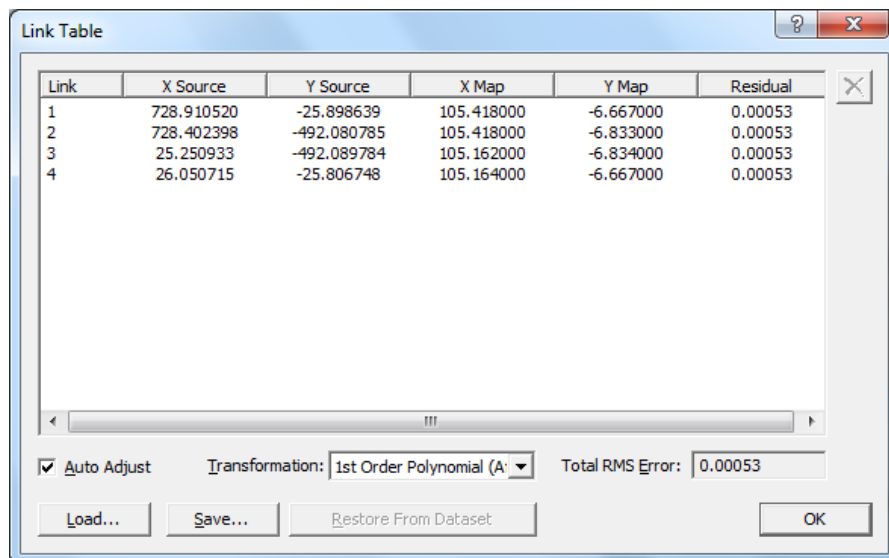
Gambar 16. Menentukan referensi spasial

4. Perbesar di area dimana akan diletakkan titik yang diketahui koordinatnya, dan klik hingga muncul tanda + kemudian klik kanan sehingga muncul pilihan dan pilih input x dan y, dan akan muncul seperti gambar di bawah ini.



Gambar 17 Memasukkan koordinat titik referensi

5. Kemudian masukkan koordinat yang valid untuk titik tersebut.
6. Ulangi hal tersebut sampai 4 titik ikat. Jika sudah terkumpul 4 titik, maka dalam link tabel nya dapat dilihat posisi 4 titik tersebut dan nilai RMS error yang diberikan. Semakin kecil RMS error berarti semakin bagus peta dasarnya.

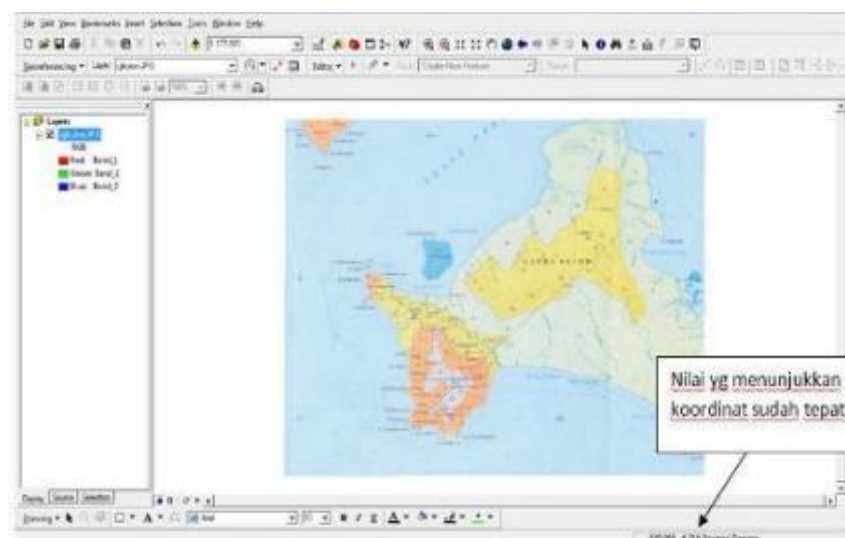


Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	728.910520	-25.898639	105.418000	-6.667000	0.00053
2	728.402398	-492.080785	105.418000	-6.833000	0.00053
3	25.250933	-492.089784	105.162000	-6.834000	0.00053
4	26.050715	-25.806748	105.164000	-6.667000	0.00053

Auto Adjust Transformation: 1st Order Polynomial (A) Total RMS Error: 0.00053

Gambar 18. Posisi 4 titik ikat dan nilai RMSnya

7. Kemudian klik georeferencing > update georeferencing. Maka kita sudah mendapatkan peta yang punya referensi koordinat

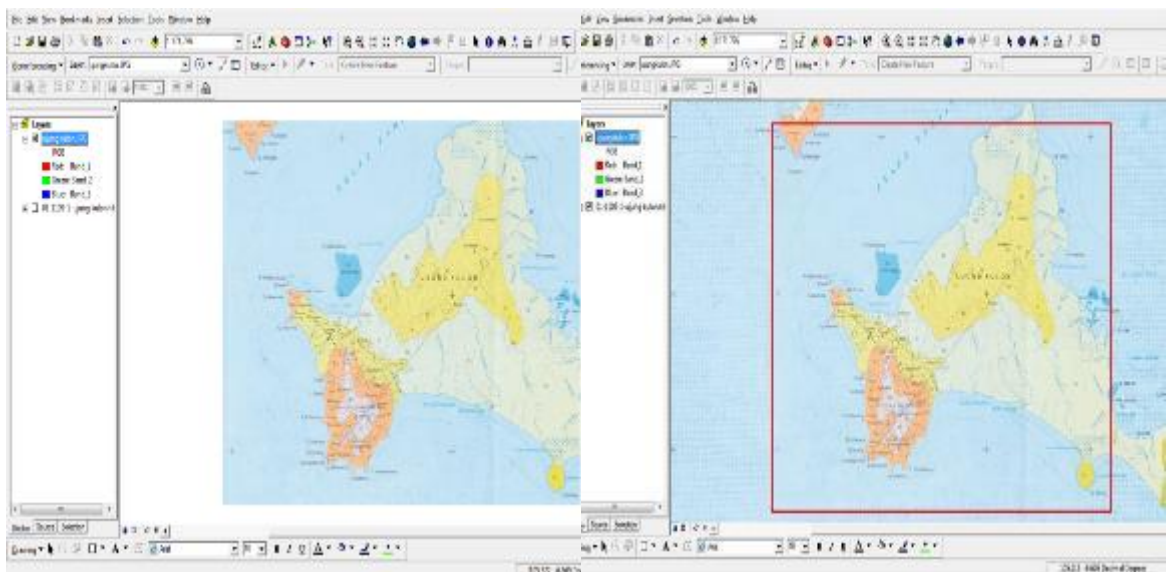


Gambar 19. Peta yang bereferensi koordinat yang tepat

b. Metode Georeference to Other Map

Metode *add control point* memiliki kelemahan yakni hanya bisa dilakukan pada peta yang memiliki informasi koordinat. Padahal sering ditemui peta-peta yang tidak dilengkapi informasi koordinat. Metode *georeference to other map* dapat mengakomodasi peta yang tidak mempunyai informasi tersebut. Dalam metode ini peta yang belum tergeoreferensi di tempelkan pada peta yang sudah tergeoreferensi dengan mencocokkan kenampakan suatu marker yang mungkin diidentifikasi. Pada contoh berikut akan diberikan contoh proses georeferencing file *ujungkulon.jpg* dengan referensi *ujung kulon.tiff*. Langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Pertama buka file *ujung kulon.tiff* dan *ujungkulon.jpg* (atau file yang ingin dibuka);

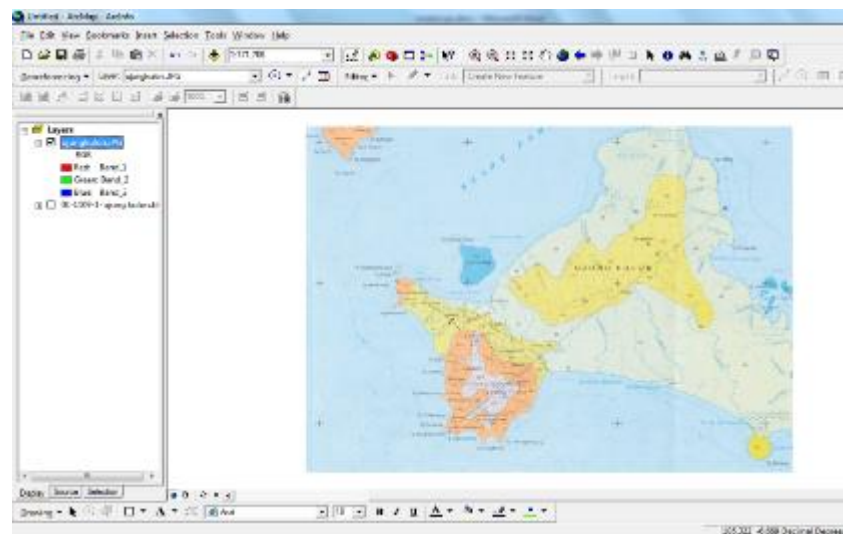


Gambar 20. Buka file untuk metode *Georeference to Other Map*

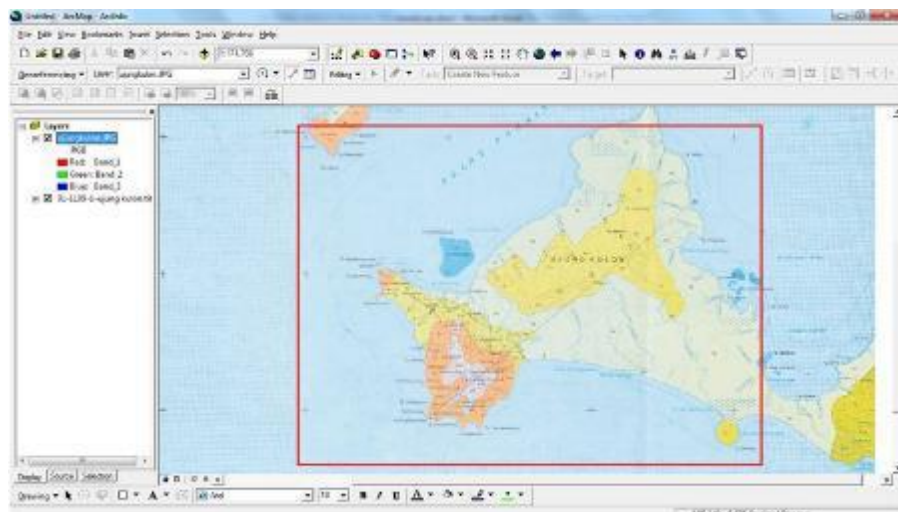
2. Pada georeferencing, set target nya pada *ujungkulon.jpg*. kemudian zoom pada bagian yang akan diberi titik kontrol. Tambahkan titik kontrol (*marker*);
3. Nonaktifkan layer *ujungkulon.jpg*, dan klik kanan pada *ujung kulon.tiff* kemudian zoom to layer. Klik marker yang sesuai dengan tanda yang

dibuat di ujungkulon.jpg tadi, kemudian klik lagi. Jika berhasil akan timbul tanda + berwarna merah.

4. Ulangi hal tersebut untuk 4 titik , lihat kemudian masuk ke georeferencing > update georeferencing
5. Jika berhasil, peta ujungkulon.jpg yang merupakan potongan ujung kulon.tiff akan menempel tepat pada lokasinya.



Gambar 21. Ketika yang aktif hanya ujungkulon.jpg



Gambar 22. Ketika ujungkulon.jpg dan ujung kulon.tiff aktif.

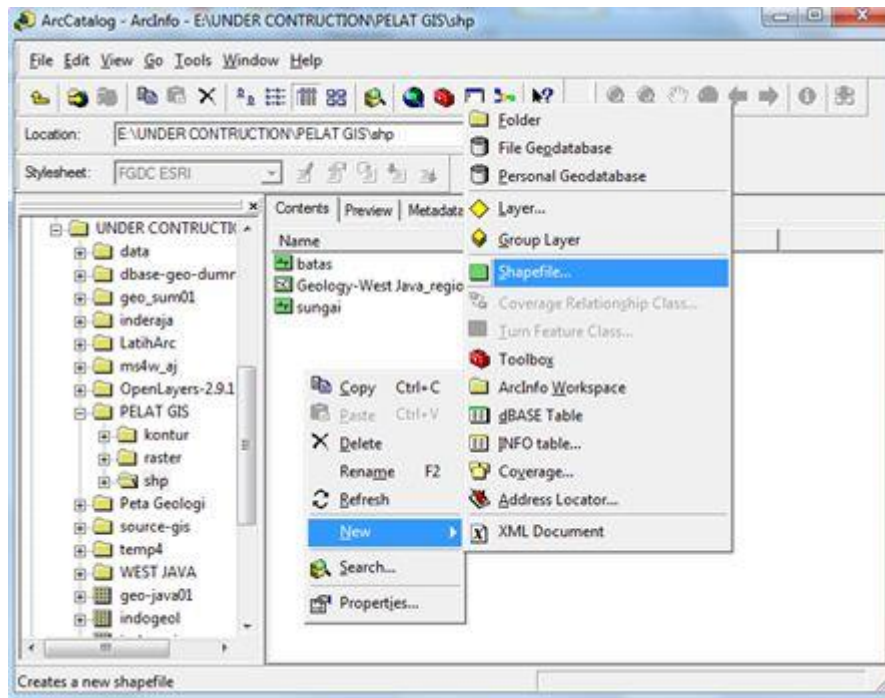
Terlihat bahwa peta ujungkulon.jpg yang areanya adalah kotak warna merah, nampak menyatu dengan ujung kulon.tiff.

Membuat Jenis-jenis Data Line, Point ,dan Polygon Pada Arccatalog

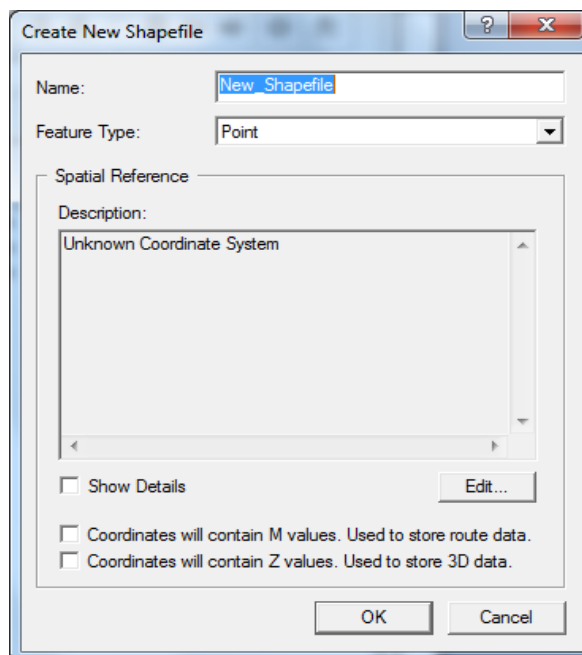
Jenis layer yang ada dalam ArcGIS adalah *point*, *polyline*, dan poligon. Point adalah suatu data yang tiap fitur mempunyai satu koordinat yaitu berupa titik. (pusat kota, rumah, kantor, pos polisi). Sementara line adalah tipe layer yang berupa himpunan node titik yang dihubungkan sehingga menjadi suatu bentuk memanjang. Dengan demikian tipe layer yang berbentuk *polyline* adalah sungai, jalan raya, jalur kereta, dan jalur transportasi. Sedangkan *polygon* adalah suatu bentuk yang tersusun dari node titik yang titik awal dan akhirnya sama. Misalnya area kabupaten, danau, wilayah hutan, dan lain-lain.

Untuk membuat layer baru, kita dapat melakukannya pada Arc Catalog. Buka Arc Catalog, dan arahkan folder dimana file shp tersebut akan dibuat. Lakukan langkah-langkah berikut :

1. Klik kanan pada tempat kosong di dalam folder tersebut, kemudian menuju ke new > shapefile.
2. Maka Akan muncul kotak create new shapefile yang didalamnya berisi form yang yang harus diisi yaitu nama, jenis feature, dan spasial reference yang digunakan.
3. Kemudian isilah nama, jenis feature dan spasial reference yang digunakan.
4. Pada bagian bawah, terdapat opsi untuk menyimpan "M" yaitu rute atau arah dan "Z " value yang digunakan untuk membuat data yang mempunyai ketinggian. Aktifkan 2 pilihan tersebut jika ingin diperlukan.
5. Jika tidak, dapat dilanjutkan proses dengan mengeklik ok, maka shapefile sudah terbentuk.

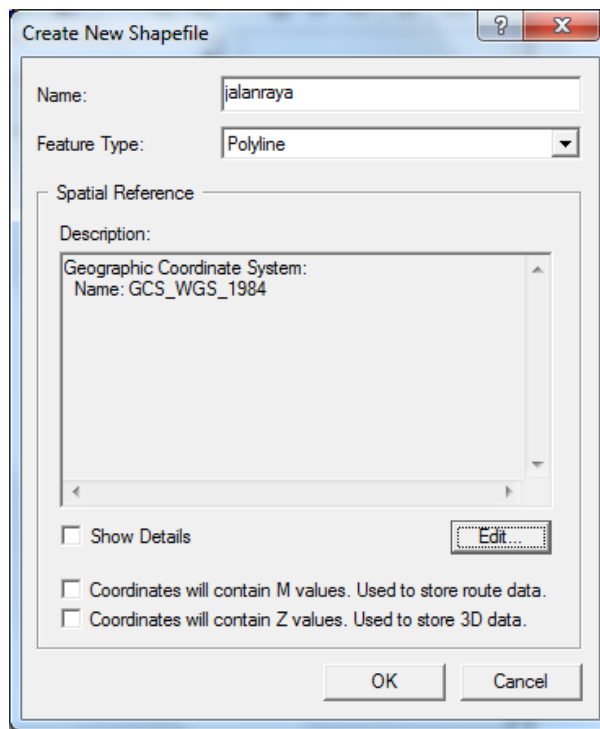


Gambar 23. Folder tempat file shp. Di Arc Catalog

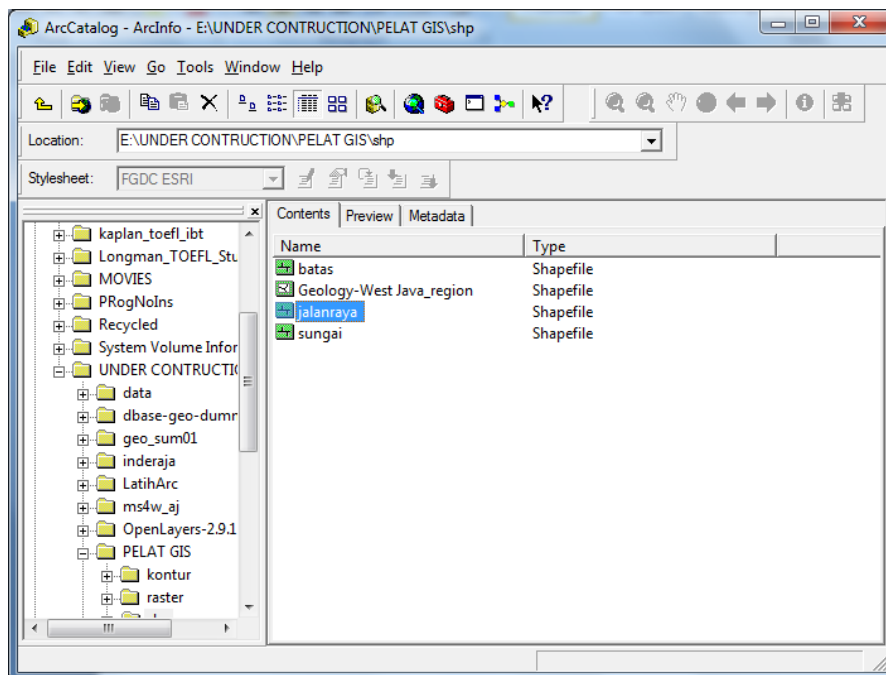


Gambar 24. New > shapefile untuk membuat shapefile baru di ArcCatalog

Inisiasi nama, tipe feature dan spasial reference harus diberikan ketika membuat shapefile yang baru. Contoh : Kita akan membuat shapefile jalan raya dengan jenis polylinedan spasial reference nya CGS world wgs1984.



Gambar 25. Inisiasi nama, tipe feature dan spasial reference

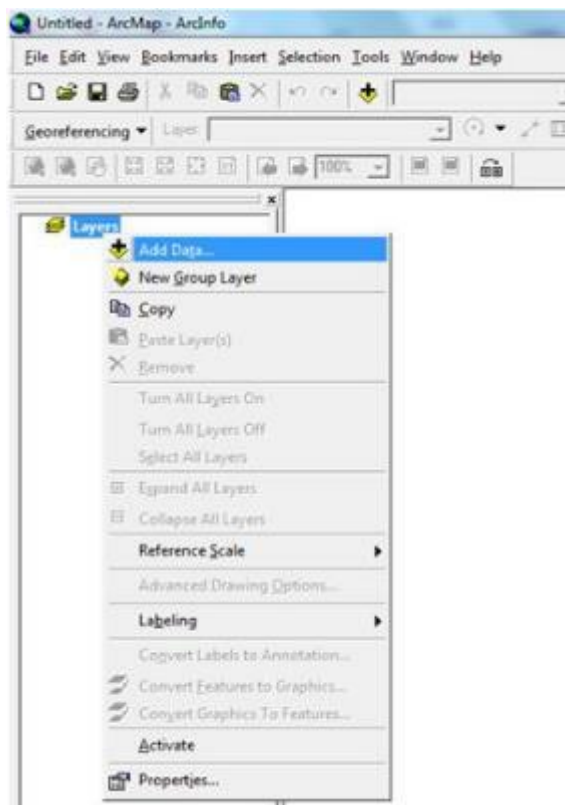


Gambar 26. Nama file beserta icon

Ketika shapefile sudah terbentuk, maka di Arc Catalog akan muncul nama filenya beserta iconnya. Proses pembuatan shapefile ini sama untuk setiap tipe feature, baik point, polyline, atau polygon. Langkah-langkah pembuatannya sama, hanya berbeda pada pemilihan tipe featurenya.

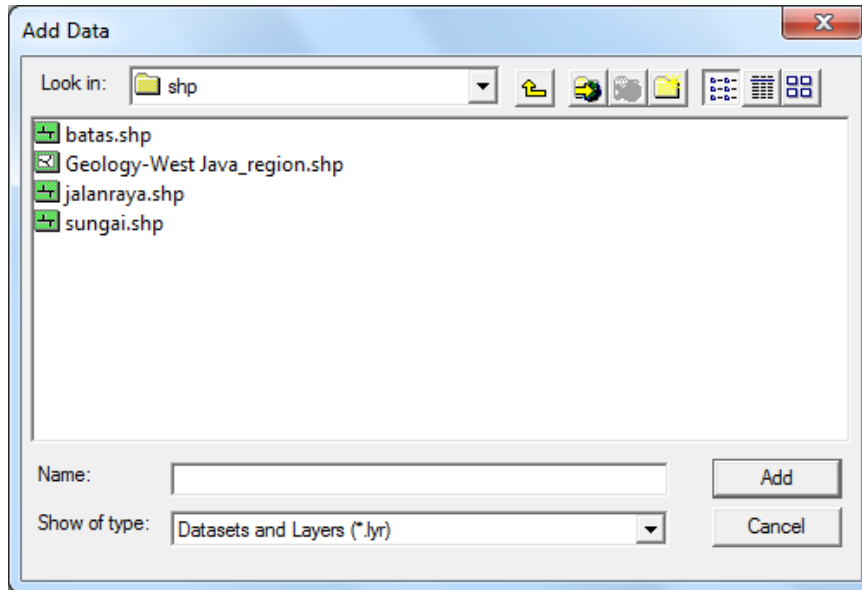
Menambahkan Feature (Data) Pada Layer Arcmap Dan Proses Digitasi

Untuk menambahkan feature (*shapefile*) yang baru di buat pada Arc Catalog, pengguna dapat langsung membuka pada Arc Map. Kemudian klik kanan pada icon layer pada *tabel of content*, kemudian pilih **add data**.



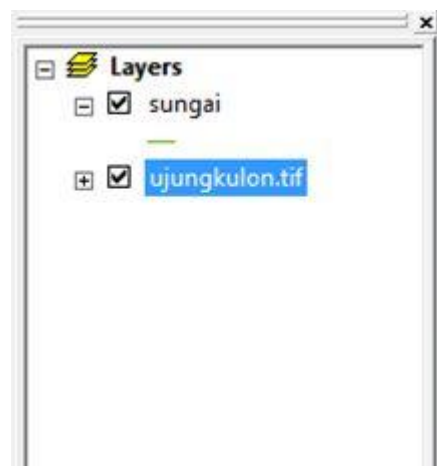
Gambar 27. Menambahkan feature (*shapefile*) yang baru

Setelah itu arahkan ke folder yang menjadi tempat shapefile yang telah kita buat sebelumnya.



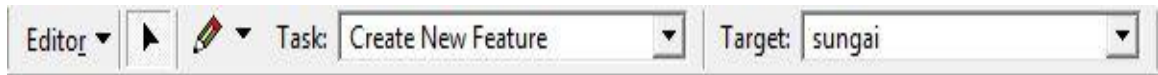
Gambar 28. Menambahkan layer untuk diedit

Kemudian kita tambahkan layer yang akan kita lakukan editing,.Misalnya disini kita akan menambahkan layer sungai untuk diedit, maka klik dua kali pada sungai.shp atau klik sekali dan klik tombol add di sebelah kanan bawah. Untuk melakukan digitasi kita harus mempunyai peta dasar yang berbentuk citra atau raster. Untuk itu dalam hal ini kita tambahkan peta raster ujungkulon.tiff. Setelah kedua file di load, tampilan pada *table of content* (TOC) di ArcMap akan ada dua layer yaitu sungai.shp dan ujungkulon.tiff.



Gambar 29. Tampilan pada TOC ArcMap

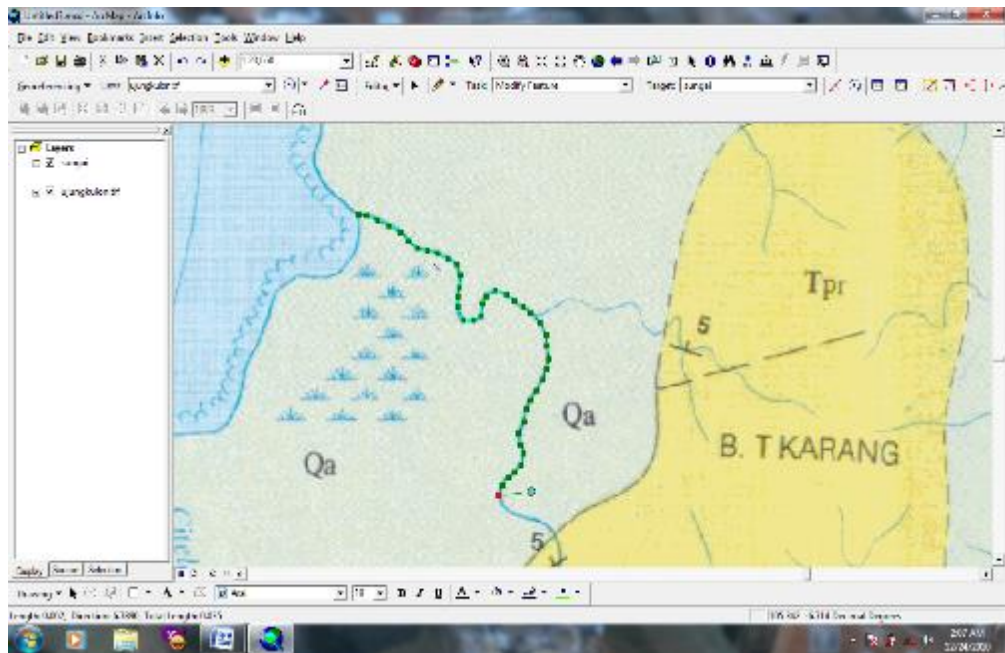
Untuk memulai digitasi, kita aktifkan dulu toolbar editor seperti gambar dibawah ini.



Gambar 30. Toolbar editor diaktifkan

Setelah editor aktif dan target sudah menunjukkan layer yang dimaksud, maka editing layer, dalam hal ini digitasi bisa dimulai dengan meng-klik icon pensil pada editor. Untuk digitasi yang baik, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan

1. Zoom level, harus bisa merepresentasikan kenampakan yang jelas.
2. Jumlah node (titik digitasi), semakin banyak makin bagus resolusinya.
3. Namun, semakin banyak, data yang dihasilkan juga semakin besar.



Gambar 31. Editing Layer

Ketika ingin mengakhiri digitasi, maka klik 2 kali atau klik kanan kemudian pilih finish sketch. Selanjutnya hasil digitasi tersebut dapat diedit kembali atau dilanjutkan digitasinya melalui fasilitas *modify feature*.

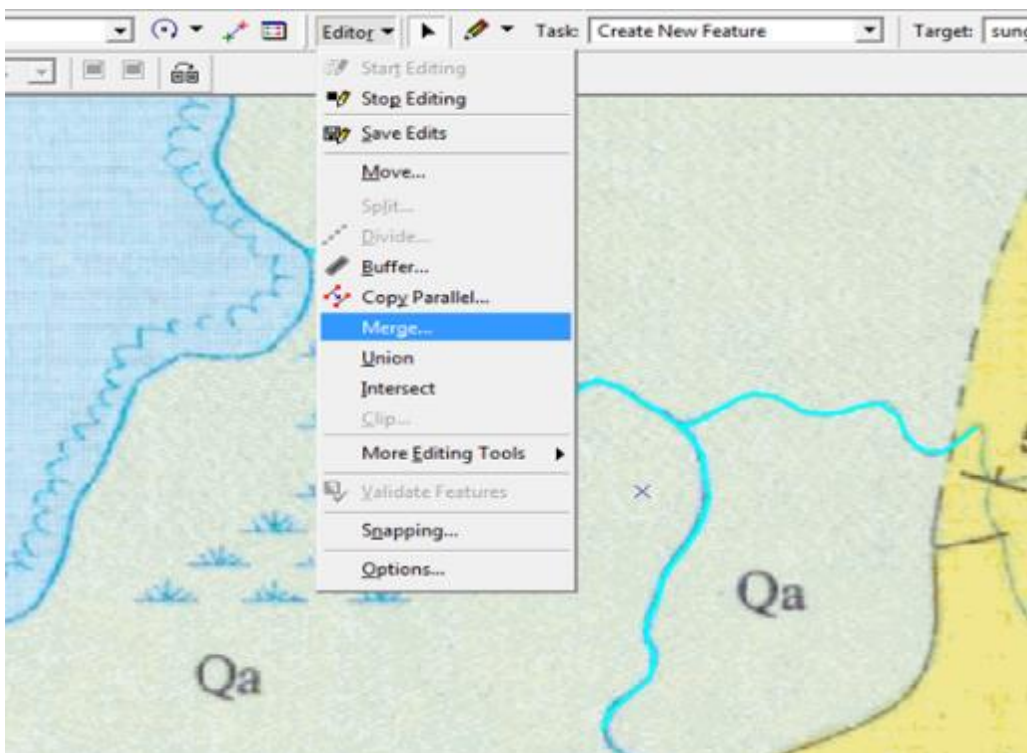
Untuk tipe polyline dan polygon kita dapat membelah (*split*) dan menggabung (*merge*) feature yang telah kita buat sebelumnya. Untuk

entitas seperti sungai dan jalan, penggabungan feature akan menjadi suatu hal lazim ditemui karena akan banyak ditemui sungai atau jalan yang bercabang sehingga tidak bisa dibuat dengan sekali menarik garis.

Merge Feature

Untuk menggabungkan feature, misalkan sungai langkah yang kita lakukan adalah :

1. Mengklik cursor select disamping tulisan editor, agar mode select aktif.
2. Klik pada feature pertama.
3. Tekan dan tahan tombol shift, dan klik feature kedua dan selanjutnya.
4. Klik **editor> Merge**



Gambar 32. Melakukan Merge Feature

Memotong(Split) feature

1. Aktifkan editor
2. Klik pada feature yang dimaksud
3. Klik icon split tool seperti dibawah ini (lingkaran merah)



Gambar 33. Icon split tool

4. Klik pada tempat yang ingin dipotong.

Mengolah Attribut

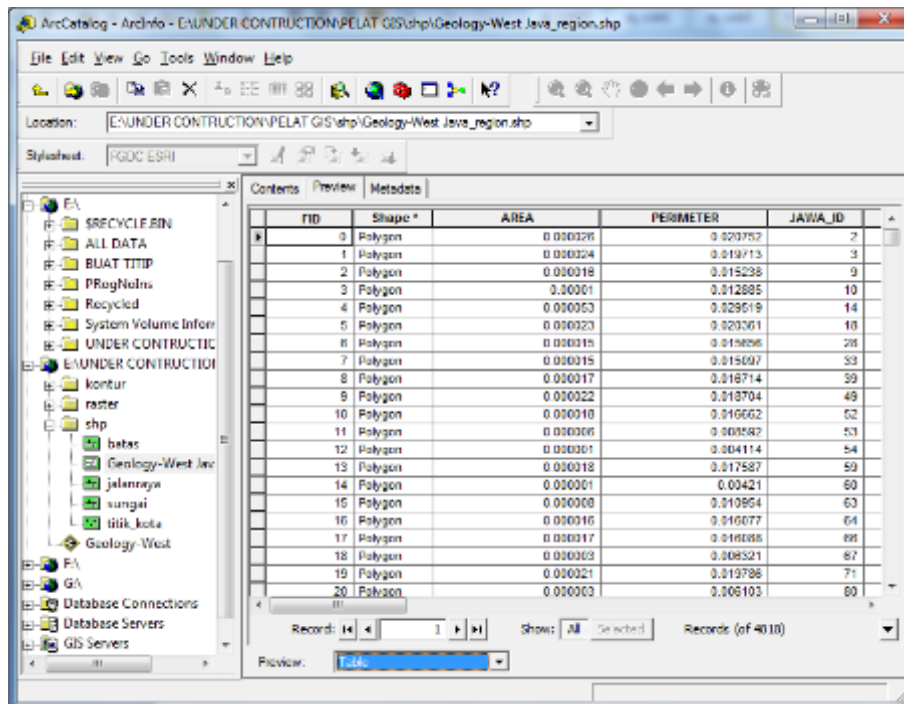
Keunggulan GIS yang paling utama dibanding sistem informasi yang lain adalah kemampuan GIS dalam memberikan representasi keruangan dari data yang ditampilkan. Anda juga telah mempelajari bahwa setiap record data vektor dalam ArcGIS memiliki baik data geografis (*graphic*) maupun data table (*attribute table*). Dalam bekerja dengan data-data ArcGIS, kita dapat memeriksa, mengubah dan bahkan melakukan perhitungan dalam tampilan attribute table. Setiap perubahan, penambahan maupun pengurangan data pada attribute table akan dengan sendirinya merubah tampilan data graphics.

Membuka Data Attribute

Data atribut dari sebuah data ArcGIS dapat ditampilkan baik dalam modul ArcCatalog maupun aplikasi ArcMap.

Membuka Attribute di ArcCatalog :

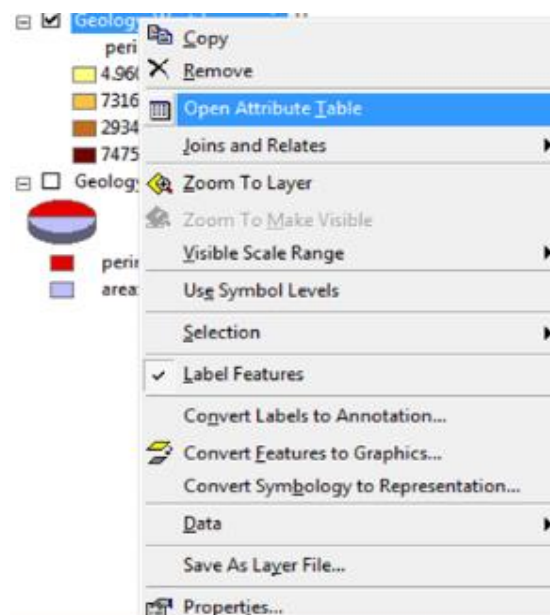
1. Buka ArcCatalog
2. Klik connect to folder
3. Arahkan catalog ke folder tempat file shp yang dimaksud berada.
4. Klik file shp yang dimaksud
5. Klik tab preview, lalu pilih option table
6. Klik tab metadata, lalu klik tab attribute. Maka akan muncul jenis-jenis atribut yang dimiliki file shp tersebut.



Gambar 34. Tampilan attribute table di ArcCatalog

Membuka *Attribute* di *ArcMap*

1. Buka ArcMap dan buka data shp yang dimaksud.
2. Klik kanan pada layer yang dimaksud di *table of content* (TOC)
3. Pilih Open Attribute Table



Gambar 35. Memilih Open Attribute Table

FID	Shape*	AREA	PERIMETER	JAWA_ID	JAWA_	NIM_LEMBAR	NO_LEMBAR	SYMBOLS	LITHO_ID	TEKTONIK	LINGKUN
0	Polygon	0.000026	0.020752	2	6	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	420202	0	
1	Polygon	0.000024	0.019713	3	7	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	420202	0	
2	Polygon	0.000016	0.015238	9	13	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	420202	0	
3	Polygon	0.00001	0.012885	10	14	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	420202	0	
4	Polygon	0.000053	0.029519	14	18	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	420202	0	
5	Polygon	0.000023	0.020361	18	22	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	420202	0	
6	Polygon	0.000015	0.015656	28	32	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	420202	0	
7	Polygon	0.000015	0.015097	33	38	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	420202	0	
8	Polygon	0.000017	0.016714	39	45	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
9	Polygon	0.000022	0.018704	49	55	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
10	Polygon	0.000018	0.016662	52	58	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
11	Polygon	0.000006	0.008592	53	59	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
12	Polygon	0.000001	0.004114	54	60	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
13	Polygon	0.000018	0.017587	59	65	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
14	Polygon	0.000001	0.00421	60	66	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
15	Polygon	0.000008	0.010954	63	69	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
16	Polygon	0.000016	0.016077	64	70	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
17	Polygon	0.000017	0.016088	66	72	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
18	Polygon	0.000003	0.006321	67	73	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
19	Polygon	0.000021	0.019786	71	77	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
20	Polygon	0.000003	0.006103	80	86	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
21	Polygon	0.000035	0.024707	89	95	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
22	Polygon	0.000009	0.011483	94	100	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
23	Polygon	0.000013	0.01381	97	103	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
24	Polygon	0.000025	0.023623	102	108	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
25	Polygon	0.000024	0.022256	106	112	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	
26	Polygon	0.000044	0.036814	110	116	JAKARTA & KEP.SERIBU	1209	QI	2160402	2	

Gambar 36. Tampilan table attribute

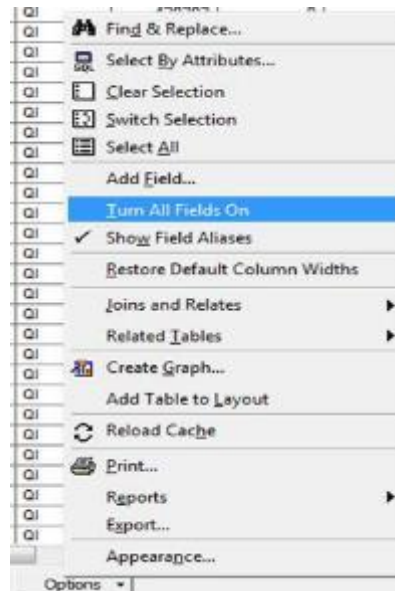
Manipulasi Data Atribut

Layaknya bekerja dengan Excel, anda dapat memanipulasi data atribut dalam ArcMap diantaranya dengan melakukan freeze/unfreeze, turn on/turn off dan delete kolom.

Freeze/Unfreeze

1. Klik kanan layer yang dimaksud > open Attribute table > klik kanan kolom yang akan di freeze >klik freeze.
2. Kolom yang di freeze akan berpindah posisi menjadi kolom pertama, hal ini menyebabkan kolom keterangan akan selalu terlihat.
3. Untuk kembali ke mode normal, ulangi prosedur (1).

3. Untuk mengaktifkan kembali klik tab option di kanan bawah attribute table > klik turn all field on.



Gambar 39. Mengaktifkan Turn All Field on

Konsep Editing Data Atribut

Editing data atribut adalah menambah, mengurangi jumlah kolom maupun memodifikasi, menambah dan mengurangi jumlah baris. Memodifikasi jumlah kolom berarti merubah atribut table yang dimiliki oleh data SIG. Misal, saat ini pengguna bekerja dengan layer data geology_west_java.shp dengan atribut meliputi nama formasi, wilayah, dsb. Seandainya anda ingin menambahkan informasi lain misalkan nama batuan, maka anda perlu menambahkan kolom baru nama batuan tersebut. Dengan demikian setiap data(feature) yang ada pada layer geology_west_java akan memiliki atribut/keterangan baru yakni nama batuan.

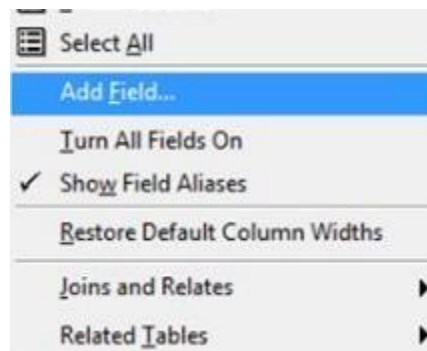
Memodifikasi jumlah baris berarti merubah jumlah data SIG. Ketika menambah data dalam suatu layer (*feature*), maka secara otomatis atributnya juga akan bertambah barisnya. Maka dari itu data primer dari atribut tersebut adalah suatu *feature*. Atribut akan selalu mengikuti feature yang ada yang keduanya dihubungkan dengan suatu ID *feature* tertentu.

Dalam ArcGIS kita melakukan processing baris dan kolom dalam operasi yang sama sekali terpisah. Artinya ketika kita bekerja dengan kolom maka kita tidak bisa mengutak-atik baris secara bersamaan, dan juga sebaliknya.

Menambah Kolom (*field*)

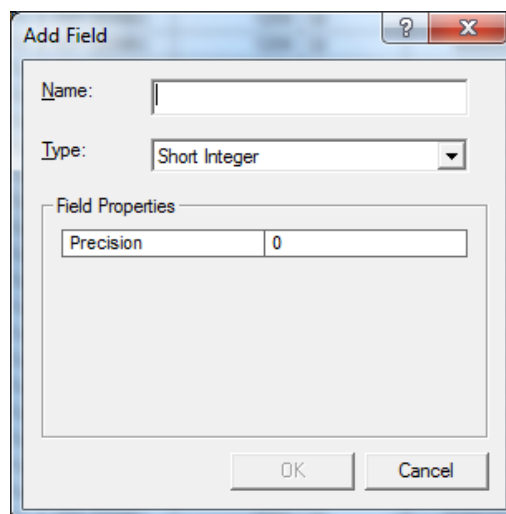
Langkah-langkah untuk menambah kolom pada table atribut adalah :

1. Buka aplikasi ArcMap dan buka data yang akan dieksplor atributnya
2. Klik kanan pada layer, pilih Open Atribut Table(menampilkan table atributnya)
3. Menambah kolom, klik option di menu bawah dan klik add field



Gambar 40. Add field

4. Isi nama, tipe, dan panjang karakter dari field



Gambar 41. Pengisian Adda field

5. Klik ok

Berikut ini adalah tipe-tipe data yang ada dalam field attribute.

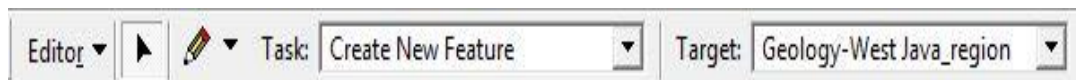
Tabel 6. Tipe-tipe data dalam field attribute

No	Type	Fungsi
1	Short Integer	Input Berupa bilangan genap terbatas (0,1,2...dst)
2	Long Integer	Input berupa bilangan genap jutaan
3	Float	Input bilangan real
4	Double	Input bilangan decimal
5	Text	Input berupa karakter/string
6	Date	Input tanggal

Operasi Baris

Untuk melakukan operasi baris, aktifkan toolbars editor, dengan cara klik view pada menu utama, klik toolbars, kemudian cheklistlah Editor.

1. Klik menu editor > start editing.
2. Saat toolbars editor sudah aktif, pastikan pilih Task "Create New Feature" dan Target layernya adalah layer yang akan diedit.



Gambar 42. Mengaktifkan Toolbars editor

3. Untuk mengisi field, arahkan kursor pada baris yang dituju dan double klik, maka anda sudah bisa mengisi baris-baris atribut tersebut.

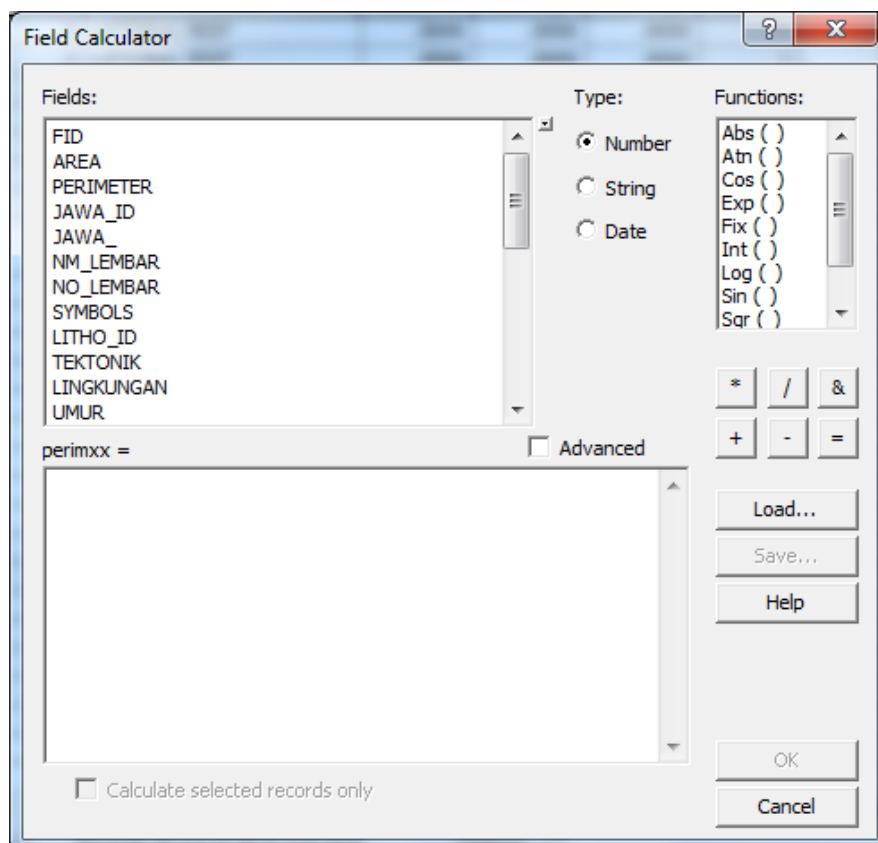
Menggunakan Field Calculator

Operasi matematis pada atribut sering berguna untuk memberikan informasi tentang atribut spasial. Misalnya anda ingin mengetahui nilai kepadatan penduduk tiap-tiap wilayah, sedangkan data yang anda punya hanya data jumlah penduduk dan luas area. Maka dengan rumus sederhana kepadatan penduduk dapat dicari dengan data jumlah penduduk dibagi luas wilayah.

Field calculator memberi kemudahan pada pengguna untuk menghitung data-data dari kolom yang ada. Cara menggunakannya adalah :

1. Munculkan Atribut lewat klik kanan > open attribute table.

2. Buat kolom baru(menambah field), dengan cara sebelumnya diatas. Field untuk operasi matematis haruslah tipe float, double,atau long integer yang merupakan tipe data numerik.
3. Setelah field baru muncul, maka anda akan menemukan kolom yang kosong, karena datanya belum ada. Kolom yang kosong ini akan menjadi kolom untuk hasil operasi matematis field calculator.
4. Untuk memulai field calculator, klik kanan pada label field pilih field calculator.
5. Jika ada peringatan yang menyatakan proses akan lebih cepat, pilih yes.
6. Akan muncul kotak dialog field calculator yang harus diisi untuk pernyataan matematisnya.



Gambar 43. Menggunakan field calculator

7. Untuk memasukkan variabel, double klik field yang tersedia.
8. Masukkan Operator + - / * yang dibutuhkan untuk operasi matematis.

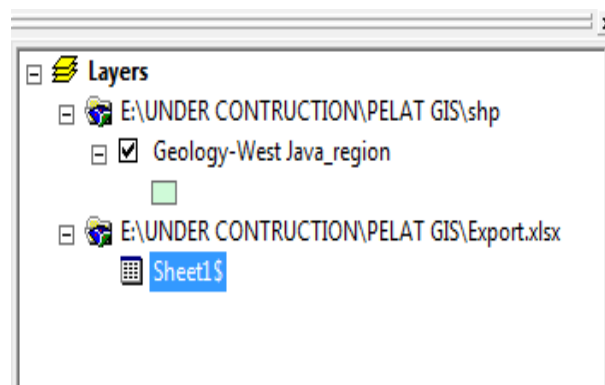
9. Jika diperlukan, fungsi trigonometri dan logaritma disediakan untuk perhitungan yang lebih advance.
10. Jika pernyataan matematis sudah dilakukan, klik ok dan calculator akan memproses.

Join Data

Join data adalah proses menggabungkan informasi berupa tabel (biasanya format .dbf) untuk menjadi atribut data vektor dalam format shp. Proses ini dapat dilakukan selama ada kesamaan antara atribut tabel (*id field*) kedua jenis data. Dalam melakukan join data, data tabel yang akan digabungkan tidak boleh dibuka di lebih dari satu aplikasi. Misalnya data tabel berformat dbf anda buka pada ArcMap diwaktu yang sama tidak boleh dibuka di Microsoft Excel.

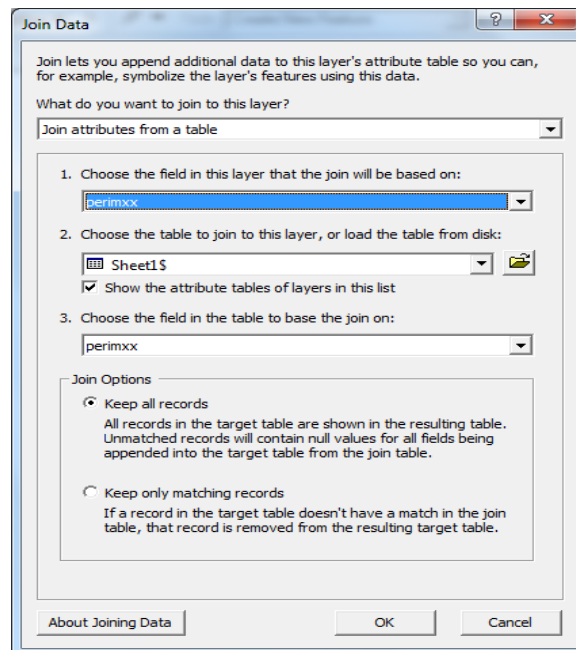
Berikut contoh melakukan join data:

1. Buka ArcMap beserta data shp yang akan dipakai untuk join data.
2. Buka data tabel yang akan ditambahkan. Tabel dapat berupa Excel atau Dbf. Setelah tabel database attribute ditambahkan, maka akan muncul dalam table of content (TOC) keterangan data-data yang telah dimasukkan



Gambar 44. Menambahkan table database attribute

3. Untuk melakukan join data, klik kanan pada layer shp > join and relates > join.
4. Akan muncul kotak dialog setting untuk melakukan join data.



Gambar 45. Join Data

5. Data yang dapat dilakukan operasi join adalah dua data yang mempunyai minimal satu kolom referensi yang sama. Misal pada atribut shp ada kolom nama, dan di excel juga ada kolom nama yang isi dan jumlah barisnya sama dengan data atribut dari shp.
6. Pada contoh diatas kolom referensi yang dipakai yaitu "perimxx"
7. Klik ok. maka atribut anda yang baru akan berisi kolom tambahan dari file excel.

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Lakukan langkah-langkah pembelajaran sebagaimana dijelaskan di atas.
2. Diskusikanlah secara berkelompok topik-topik yang berkaitan dengan materi diatas.
3. Lakukan georeference terhadap peta Sumatera Utara yang telah disediakan dengan metode add (x,y) points
 - o Tampilkan tools georeference

- Lakukan georeference dengan koordinat acuan WGS1984
- 4. Update peta hasil georeferenced.
- 5. Buatlah file SHP baru dengan tipe polygon (beri nama : Kabupaten)
- 6. Sesuaikan sistem koordinat dengan peta raster yang telah di georeferenced.
- 7. Mulailah digitasi (start editing)
- 8. Simpan hasil digitasi anda (save editing/stop editing (save)).

F. Rangkuman

Data pada SIG/GIS memiliki berbagai macam bentuk, mulai dari data mentah maupun data yang sudah dalam bentuk siap tampil. Misalnya data array dari GPS (koordinat), hasil scanning peta, digitasi, dan lain-lai, dimana tiap titiknya diwakili oleh nilai longitude (garis bujur) dan latitude (garis lintang). Namun adakalanya data GIS yang lain bisa didapatkan dari citra satelit (penginderaan jauh), digitasi, dan lain-lain. Data-data tersebut kemudian menjadi input yang diproses lebih lanjut guna memperoleh peta digital.

Pada peta dalam format digital, terdapat berbagai macam informasi yang seakan-akan tersembunyi, data tersebut disebut dengan data atribut yang dapat dilihat dalam bentuk kualitatif maupun kuantitatif. Agar suatu objek yang ingin ditempatkan didalam peta digital dapat diletakkan sesuai dengan kondisi sebenarnya, maka dibutuhkan referensi koordinat, dimana prosesnya disebut dengan georeferensi.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah peserta selesai mempelajari modul ini, peserta diharapkan berkenan membentuk kelompok-kelompok kecil untuk berdiskusi, dan mencoba mempraktikkannya bersama. Setelah itu masing-masing kelompok diharapkan menceritakan kendala dan cara mengatasinya.

BAB IV

MENGANALISIS FOTOGRAMETRI

Penulisan modul ini diarahkan sedemikian rupa, sehingga materi pembelajaran yang terkandung di dalamnya disusun berdasarkan kompetensi inti guru untuk mencapai kompetensi dalam Geomatika.

Dengan mempelajari modul ini secara teori dan praktik, peserta diklat diharapkan mampu melakukan kreasi dalam menganalisis data spasial, data non spasial dan data pada permukaan bumi, yang terdiri dari tiga kegiatan pembelajaran sebagai berikut:

- a. Menguraikan teknik fotogrametri.
- b. Memilih peralatan yang diperlukan dalam pekerjaan fotogrametri.
- c. Menguraikan interpretasi foto udara.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

MENGURAIKAN TEKNIK FOTOGRAMETRI

A. Tujuan

Diharapkan setelah penyajian materi ini, peserta diklat akan dapat:

1. Mengetahui definisi fotogramteri
2. Mengetahui dan menguraikan teknik fotogrametri.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi pada pembelajaran ke 1 ini adalah peserta diklat mampu menguraikan teknik fotogrametri.

C. Uraian Materi

1. Pengertian Fotogrametri

Sebagaimana disiplin ilmu lain, untuk keperluan menunjukkan jati diri sebagai suatu disiplin ilmu yang berbeda dari yang lain dan cakupan aspek yang dipelajarinya maka para ilmuwan fotogrametri mengajukan beberapa definisi fotogrametri. Definisi fotogrametri yang dikemukakan oleh beberapa ahli, diantaranya adalah :

1. Fotogrametri adalah seni atau ilmu untuk memperoleh keterangan kuantitatif yang dapat dipercaya dari foto udara (ASP dalam Paine, 1987)
2. Fotogrametri adalah ilmu, seni, dan teknologi untuk memperoleh ukuran terpercaya dan peta dari foto (Lillesand and Kiefer, 1994)
3. Fotogrametri adalah seni, ilmu, dan teknologi untuk memperoleh informasi terpercaya tentang objek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran, dan interpretasi gambaran fotografik dan pola radiasi energi elektromagnetik yang terekam (Wolf, 1989).
4. Fotogrametri adalah suatu kegiatan dimana aspek-aspek geometrik dari foto udara, seperti sudut, jarak, koordinat, dan sebagainya merupakan faktor utama (Ligterink, 1991).

5. Fotogrametri didefinisikan sebagai proses pemerolehan informasi metric mengenai suatu objek melalui pengukuran pada foto (Tao, 2002).

Dari beberapa pengertian tersebut, terdapat dua aspek penting, yakni ukuran objek (kuantitatif) dan jenis objek (kualitatif). Kedua aspek tersebut yang kemudian berkembang menjadi cabang fotogramteri, yakni fotogrametri metrik dan fotogrametri interpretatif.

1. Fotogrametri Metrik

Fotogrametri Metrik mempelajari pengukuran cermat berdasarkan foto dan sumber informasi lain yang pada umumnya digunakan untuk menentukan lokasi relatif titik-titik (sehingga dapat diperoleh ukuran jarak, sudut, luas, volume, elevasi, ukuran, dan bentuk objek). Pemanfaatan fotogrametri metrik yang paling banyak digunakan adalah untuk menyusun peta planimetrik dan peta topografi, disamping untuk pemetaan geologi, kehutanan, pertanian, keteknikan, pertanahan, dan lain-lain.

2. Fotogrametri Interpretatif

Fotogrametri interpretatif terutama mempelajari pengenalan dan identifikasi objek serta menilai arti pentingnya objek tersebut melalui suatu analisa sistematis dan cermat. Fotogrametri interpretatif meliputi cabang ilmu interpretasi foto udara dan penginderaan jauh.

Dalam perkembangannya seiring dengan perkembangan teknologi pencitraan (*imaging*) dan komputer, fotogrametri juga dibedakan menjadi dua, yakni fotogrametri analitik dan fotogrametri digital. Perbedaan keduanya terletak pada jenis data foto yang digunakan. Fotogrametri analitik menggunakan foto udara analog dengan analisis manual, sementara fotogrametri digital memanfaatkan foto digital sebagai sumber datanya dan pengukuran-pengukuran objek pada foto dilakukan secara digital dengan bantuan komputer.

Tujuan mendasar dari fotogrametri adalah membangun secara sungguhsungguh hubungan geometrik antara suatu objek dan sebuah citra

dan menurunkan informasi tentang objek secara teliti dari citra. Untuk dapat melakukan pekerjaan perlu pemahaman terhadap azas fotogrametri. Azas fotogrametri merupakan hal penting bagi penafsir foto, karena ia merupakan dasar untuk penghitungan kenampakan medan hasil interpretasi dalam kaitannya dengan lokasi dan bentangannya. Proses kuantifikasi ini penting karena perhatian penafsir pada apa yang terdapat pada citra hampir selalu disertai dengan memperhatikan dimana kedudukan objek objek yang diamati tersebut di lapangan dan bagaimana bentangan arealnya (Lillesand, Kiefer, dan Chiepmann, 2006). Analisis fotogrametrik meliputi aspek yang paling sederhana dengan pengukuran yang kurang teliti dengan memanfaatkan konsep-konsep geometrik sederhana dan menghasilkan peta sampai dengan pengukuran rumit dan dengan tingkat ketelitian yang sangat tinggi dengan menggunakan peralatan yang canggih.

Sebagai sebuah ilmu dan seni, maka untuk memanfaatkan fotogrametri diperlukan seperangkat pengetahuan mengenai karakteristik foto udara, pengetahuan interpretasi, matematika dasar, dan ilmu sesuai bidang yang ditekuninya. Bagi para peminat geomorfologi, geologi, planologi, kehutanan dan sebagainya, interpretasi tingkat dasar merupakan pengetahuan yang menyeluruh tentang bidangnya tersebut. Dengan demikian, fotogrametri tanpa pengetahuan dasar dalam bidang lain tersebut tidak bermakna apa-apa bagi masing-masing bidang. Foto udara juga hanya berupa kombinasi dari warna yang menggambarkan objek dan nilai digital tertentu yang mungkin tidak dapat digunakan tanpa pengetahuan dasar interpretasi.

2. Kegiatan-kegiatan Fotogrametrik

Menurut Lillesand and Kiefer (1994), aspek yang paling mendasar di dalam fotogrametri adalah meliputi langkah atau kegiatan sebagai berikut :

1. Menentukan jarak medan mendatar dan besarnya sudut berdasarkan pengukuran yang dilakukan pada foto udara tegak.

Foto udara merupakan hasil perekaman dengan menggunakan kamera yang proyeksinya center, sehingga di daerah yang mempunyai kondisi relief yang relatif kasar (bevariasi ketinggiannya) terjadi pergeseran letak elief (*relief displacement*). Adanya fenomena *relief displacement* ini berdampak pada kurang akuratnya pengukuran jarak mendatar dan ukuran sudut, oleh karena agar diperoleh ukuran yang akurat diperlukan teknik-teknik fotogrametri.

2. Menentukan tinggi objek dari pengukuran pergeseran letak oleh relief

Dalam perspektif foto udara yang menggunakan proyeksi center, titik yang tidak mengalami penyimpangan adalah objek yang terletak persis di atas titik pusat foto. Semakin jauh letak objek dari titik pusat foto, semakin banyak mengalami penyimpangan atau pergeseran letak secara radial, objek yang tinggi (misalnya menara, gedung-gedung bertingkat, cerobong dan lain-lain) akan tampak condong. Di satu sisi gejala pergeseran letak ini seringkali menyulitkan para penafsir foto udara, tetapi di sisi lain pergeseran bermanfaat untuk mengukur ketinggian objek-objek tersebut. Besarnya pergeseran letak oleh relief tergantung pada tinggi objek dilapangan, tinggi terbang, jarak antar titik utama foto (titik tengah foto) ke objek tertentu, dan sudut kamera saat pengambilan objek tersebut. Karena faktor geometrik tersebut saling berkaitan, maka pergeseran letak objek oleh relief dan posisi radialnya pada foto udara dapat diukur untuk menentukan tinggi suatu objek. Hanya saja, tingkat ketelitian pengukuran secara monoskopik ini masih terbatas (Lillesand & Kiefer, 1994).

3. Menentukan tinggi objek dan ketinggian medan dengan pengukuran paralaks citra.

Pengukuran tinggi objek pada foto udara disamping dapat dilakukan secara monoskopik (satu foto) dapat pula dilakukan secara stereoskopik atau pasangan foto udara. Suatu objek dapat tergambar

pada sepasang foto udara. Objek tersebut pada foto pertama posisinya dari kamera kemungkinan berbeda dengan yang tergambar pada foto kedua. Posisi relatif suatu objek yang dekat kamera (pada elevasi lebih tinggi) akan mengalami perubahan lebih besar dari objek yang jauh dari kamera (pada elevasi rendah). Selisih jarak relatif tersebut dinamakan paralaks. Besarnya paralaks pada daerah tampalan dapat digunakan untuk mengukur ketinggian objek dan ketinggian medan.

4. *Penggunaan titik kontrol medan*

Titik kontrol medan adalah titik di medan yang dapat diletakkan secara tepat pada foto udara, dimana informasi koordinat medan dan/atau ketinggiannya diketahui. Informasi titik kontrol medan ini digunakan untuk acuan geometrik medan untuk melakukan kalibrasi pengukuran pada foto udara. Kontrol medan atau yang lazim disebut kontrol medan, menyajikan cara untuk mengorientasikan atau menghubungkan foto udara dengan medan. Menentukan kontrol medan yang baik merupakan hal penting dalam keseluruhan pekerjaan pemetaan fotogrametri.. Untuk keperluan penentuan titik kontrol medan memerlukan survey lapangan. Kegiatan survey dilakukan dalam dua tahap, yakni: (a). pengadaaan jaringan kontrol dasar di dalam wilayah kerja; dan (b) pengadaaan posisi keruangan objek bagi kontrol foto saat survey yang dimuali dari jaringan kontrol dasar. Pekerjaan penentuan kontrol medan ini menentukan kualitas peta yang dibuat. Begitu pentingnya pekerjaan kontrol medan, sehingga pekerjaan ini harus direncanakan dan dilaksanakan secara teliti.

5. Membuat peta di dalam plotter stereo

Plotter stereo atau biasa disingkat plotter saja adalah sebuah alat yang dirancang untuk menghasilkan peta topografi yang bersumber dari foto udara stereo, alat ini dapat memindah informasi peta tanpa distorsi dari foto stereo. Dengan alat tersebut dapat digunakan untuk mengorientasikan foto udara secara tepat, sehingga dapat diperoleh model medan yang tepat pula. Dengan demikian foto

tersebut dapat digunakan untuk membuat peta planimetrik tanpa distorsi dan ketinggian tempat dapat ditentukan secara tepat, sehingga foto udara tersebut dapat digunakan untuk membuat peta topografi. Pekerjaan ini meliputi dua tahap, yakni orientasi dalam (*interior orientation*) atau orientasi relative dan orientasi absolute.

6. *Membuat ortofoto*

Ortofoto pada dasarnya merupakan peta foto yang dihasilkan dari foto konvensional melalui proses raktifikasi diferensial, sehingga diperoleh ukuran yang benar. Ortofoto ini bila ditumpang susunkan dengan peta administrasi akan menjadi peta foto yang informatif. Informasi yang ditampilkan melebihi peta dalam hal jumlah dan kerincian. Suatu contoh lagi, peta yang menggambarkan ketinggian medan dapat diletakkan atau ditumpang susunkan pada ortofoto, sehingga dapat menjadi ortofoto topografi. Pekerjaan membuat ortofoto merupakan pekerjaan yang tidak kalah pentingnya dengan pekerjaan fotogrametri lainnya, karena bila pekerjaan ini berhasil maka pergeseran letak oleh kesendangan fotografik maupun oleh relief. Inti pekerjaan ini adalah merektifikasi foto udara, sehingga foto udara secara geometrik menjadi ekuivalen terhadap peta garis konvensional dan peta simbol planimetrik.

7. *Menyiapkan rencana penerbangan untuk memperoleh foto udara*

Rencana penerbangan diperlukan agar citra yang diinginkan terpenuhi (isi dan ukuran geometrik). Hal yang perlu diperhatikan antara lain, skala citra, lensa kamera, panjang fokus kamera, format foto, dan tampalan yang diinginkan. Perencanaan penerbangan harus menentukan faktor geometrik yang sesuai dengan tujuan pemotretan, pertimbangan waktu, cuaca, dan anggaran yang tersedia.

3. Sejarah Fotogrametri

Ilmu Fotogrametri telah dikenal sejak lama pada tahun 350 Sebelum Masehi, jauh sebelum ditemukannya fotografi. Tokoh yang pertama

memperkenalkan adalah Aristoteles, menurutnya fotogrametri merupakan proses untuk memproyeksikan gambaran objek secara optik. Pada awal abad 18 Dr. Brook Taylor mengemukakan pendapat tentang perspektif linier. Setelah itu J.H. Lambert menyatakan bahwa asas perspektif dapat dimanfaatkan untuk membuat peta.

Proses fotografi mulai berkembang sejak tahun 1839, yaitu pada saat Louis Daguerre menemukan proses fotografi udara dengan plat logam yang dibuat peka terhadap sinar. Pada tahun 1840 Arago memperagakan penggunaan fotogrametri untuk pemetaan topografi. Kemudian colonel Aime Laussedat (Korps Ahli Teknik Angkatan Darat Perancis) pada tahun 1849 membuat peta topografi dengan fotogrametri. Dari pengalaman tersebut pada tahun 1859 Laussedat berhasil menggunakan fotogrametri untuk pemetaan. Fotogrametri semakin pesat perkembangannya terbukti dengan dikembangkannya proses fotografi dengan menggunakan tiga warna pada tahun 1861 yang disempurnakan pada tahun 1891.

Pada tahun 1886 Kapten Deville (pimpinan surveyor Kanada) menggunakan fotogrametri untuk membuat peta topografi di Amerika Utara (Kanada). Ia menyatakan asas Laussedat baik untuk pemetaan daerah pegunungan Kanada barat yang bertopografi kasar. Dinas Survei Pantai dan Geodesi US menggunakan fotogrametri pada tahun 1894 untuk memetakan daerah perbatasan.

Tahun 1902 semua pekerjaan fotogrametri lebih terpusat pada terrestrial foto. Kemudian tahun 1909, Dr. Carl Pulfrich dari Jerman melakukan percobaan dengan foto stereo. Hasilnya menjadi landasan teknik pemetaan. Pertama digunakan pesawat udara pada tahun 1913. Pada saat perang dunia I foto udara digunakan secara luas. Perang dunia II, fotogrametri digunakan untuk pemetaan medan lawan. Sekarang fotogrametri telah mapan (akurat, efisien, dan menguntungkan) sehingga sebagian besar pekerjaan pemetaan menggunakan fotogrametri. Dukungan ketersediaan teknologi pencitraan secara digital telah mendorong fotogrametri semakin banuyak digunakan, karena kebutuhan

peralatan fotogrametri yang mahal dapat dikurangi dengan perangkat lunak dan perangkat keras yang murah.

Pemanfaatan fotogrametri telah berkembang luas dalam berbagai bidang, dari desain keteknikan, inventarisasi sumberdaya alam dan lingkungan pemetaan arkeologi dan survey hidrografi. Menurut Tao (2002) sebagian besar peta-peta topografi yang ada saat ini dibuat dengan menggunakan fotogrametri, yang dibantu dengan pendekatan SIG (Sistem Informasi Geografis) terutama dalam pembaharuan dan pengumpulan basis data. Sesuai dengan perkembangan teknologi pencitraan, maka saat ini kecenderungannya bentuk data fotogrametri berupa citra digital, baik citra digital asli maupun tidak asli. Citra digital asli adalah citra yang perekamannya dilakukan dengan kamera digital, sedangkan citra digital tidak asli berasal dari digitasi data analog yang diubah menjadi data digital dengan cara penyiaman (*scanning*).

Peralatan untuk keperluan interpretasi, plotting, pengukuran, raktifikasi dan lain-lain juga telah mengalami banyak perubahan. Perubahan alat mengikuti jenis data, efisiensi dan kemutakhiran teknologinya. Data digital memungkinkan pengolahan citra dapat dilakukan dengan komputer yang memiliki berbagai perangkat lunak. Dengan pergeseran jenis data dan peralatan, dari peralatan yang rumit dan mahal menjadi peralatan yang lebih mudah dan murah berimplikasi pada makin banyaknya orang yang mempelajari dan mengaplikasikan fotogramteri, sehingga fotogrametri saat ini makin berkembang luas sebagai ilmu, aplikasi, peminat, piranti, dan sebagainya.

Fotogrametri sebagai sebuah ilmu memiliki keterkaitan yang erat dengan penginderaan jauh, bahkan seringkali orang yang baru belajar keduanya, dibingungkan oleh overlapnya kedua disiplin ilmu ini. Keterkaitan ini dapat ditunjukkan oleh fakta-fakta berikut:

1. Fotogrametri muncul dan berkembang lebih dahulu, lebih berorientasi pada metrik (kuantitatif).

2. Perbedaan utama antara fotogrametri digital dengan pendahulunya (analog dan analitik) adalah berkaitan dengan citra digital yang digunakan secara langsung daripada foto udara analog.

4. Klasifikasi Foto Udara

Ada dua jenis foto yang digunakan dalam kegiatan fotogrametri, yakni foto terrestrial dan foto udara. Foto terrestrial diperoleh dengan cara memotret di permukaan daratan dimana informasi mengenai posisi dan orientasi, pada umumnya pengukuran dilakukan secara langsung. Foto udara merupakan bahan pokok dalam kajian Fotogrametri, oleh karena itu agar pemahaman seorang pembelajar tidak keliru dalam menginterpretasi dan mengukur suatu objek perlu dikenali lebih dahulu karakteristik foto udara. Pada umumnya foto udara dibedakan atas foto udara vertical dan foto udara condong/sendeng. Secara lebih detail foto udara dapat dibedakan atas beberapa dasar:

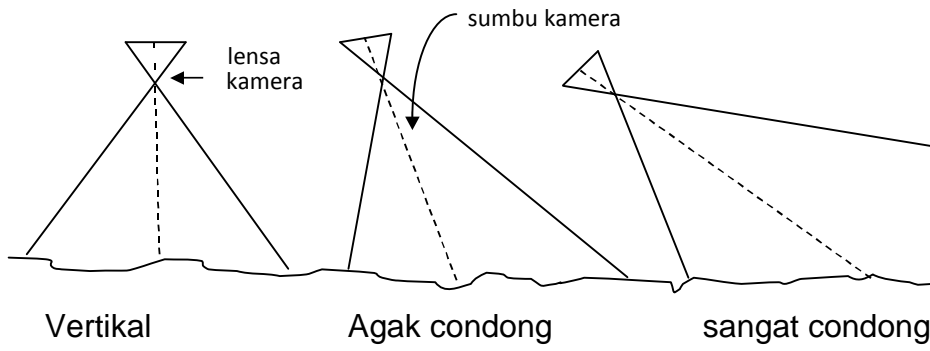
1. Spektrum elektromagnetik yang digunakan:
 - a. foto udara ultraviolet (UV dekat – $0,29 \mu\text{m}$)
 - b. foto udara ortokromatik (biru – sebagian hijau/ $0,4 - 0,56 \mu\text{m}$)
 - c. foto udara pankromatik (menggunakan seluruh gelombang visible)
 - d. foto udara inframerah true ($0,9 - 1,2 \mu\text{m}$)
 - e. foto udara inframerah modifikasi (IM dekat dan sebagian merah dan hijau).
2. Jenis kamera
 - a. foto udara tunggal
 - b. foto udara jamak (multispektral, dual kamera, kombinasi vertical condong)
3. Warna yang digunakan
 - a. black white (BW)
 - b. berwarna semu (*false color*)
 - c. berwarna asli (*true color*)
4. Sistem wahana

- a. foto udara dari pesawat udara/balon
 - b. foto udara satelit/foto orbital
5. Sudut liputan
- a. vertical (0 sampai 3°)
 - b. condong (lebih dari 3°)
 - c. condong tinggi
6. Sumbu kamera
- a. foto udara vertical, sumbu kamera tegak lurus permukaan bumi
 - b. foto condong/sendeng (*oblique/tilted*)
 - 1). Agak condong, tampak cakrawala
 - 2). Sangat condong, tidak tampak cakrawala
7. Bentuk data
- a. foto udara analog
 - b. foto udara digital (citra digital dapat berupa murni data digital dapat pula diperoleh dari penyajian data analog sehingga menjadi data digital).

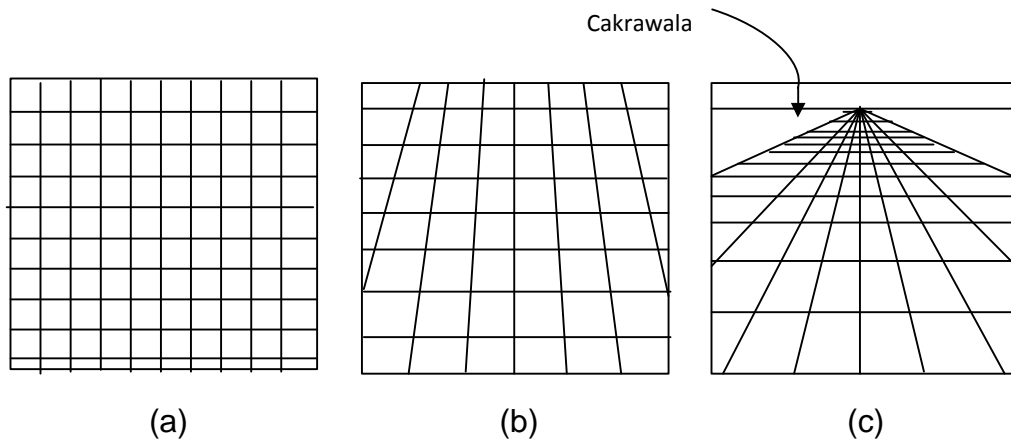


Gambar 46. Peralatan Foto Udara Digital

Dalam kajian fotogrametri, klasifikasi foto udara berdasarkan sudut liputan dan sumbu kamera menempati porsi besar, oleh karena itu perhatikan gambar berikut ini.



Gambar 47. Orientasi kamera pada tiga macam posisi kamera



Gambar 48. Konfigurasi foto udara condong tinggi (a), condong rendah (b), tegak (c)



(a)



(b)



(c)



(d)

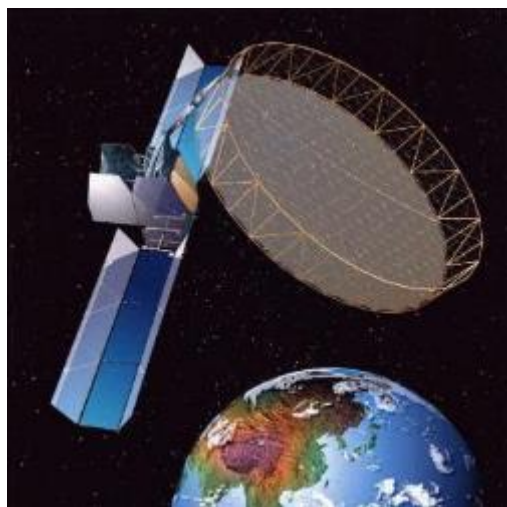
Gambar 49. Foto (a) dan (b) merupakan contoh foto udara condong tinggi; foto c adalah contoh foto condong rendah; dan (c) foto udara merupakan contoh vertikal

5. Pemetaan Fotogrametri

Pemetaan fotogramteri pada dasarnya dapat ditempuh dari dua cara atau kelompok, pemetaan cara teristis atau pemetaan langsung dengan peralatan ukur lapangan, serta pemetaan lewat media pengambilan data baik dari pemotretan udara atau menggunakan citra satelit yang dikenal pemetaan fotogrametrik.



Gambar 50. Pemetaan Cara Teretris



Gambar 51. Pemetaan Cara Remote Sensing

Fotogrametri atau aerial surveying adalah teknik pemetaan melalui foto udara. Hasil pemetaan secara fotogrametrik berupa peta foto dan tidak dapat langsung dijadikan dasar atau lampiran penerbitan peta. Fotogrametri adalah suatu seni, pengetahuan dan teknologi untuk memperoleh data dan informasi tentang suatu obyek serta keadaan di sekitarnya melalui suatu proses pencatatan, pengukuran dan interpretasi bayangan fotografis (hasil pemotretan).

Istilah Fotogrametri berasal dari kata photos (=sinar), gramma (=sesuatu yang tergambar) dan metron (=mengukur). Secara sederhana maka fotogrametri dapat diartikan sebagai "pengukuran secara grafis dengan menggunakan sinar". Dari definisi tersebut dapat dimengerti bahwa fotogrametri meliputi (Wolf, 1983) :

- Perekaman obyek (pemotretan)
- Pengukuran gambar obyek pada foto udara
- Pemotretan hasil ukuran untuk dijadikan bentuk yang bermanfaat (Peta).

Pemetaan secara fotogrametrik tidak dapat lepas dari referensi pengukuran secara terestris, mulai dari penetapan ground controls (titik dasar kontrol) hingga kepada pengukuran batas tanah. Batas-batas tanah yang diidentifikasi pada peta foto harus diukur di lapangan.

Pada mulanya ilmu fotogrametri diawali dari pengambilan obyek topografi medan berbukit sulit dipetakan langsung, maka awal fotografi mulai dimanfaatkan untuk membuat gambar pertampalan atau stereogram model dari bagian topografi tersebut, fotogrametri udara (aerial photogrammetry) dimulai setelah dapat dipergunakannya kamera udara untuk pemotretan wilayah luas maka cara fotogrametri akan lebih efisien dan ekonomis tetapi untuk medan yang tidak luas dan mudah dijangkau cara ukur teristis jauh lebih mudah dan ekonomis terutama pada kawasan yang tidak dapat dijangkau potret udara, karena masalah skala dan variasi skala foto udara, alternatif pemakaian pemetaan topografi dengan dengan upaya pemetaan secara teristris masih ada peluang. Namun untuk wilayah yang terlalu luas untuk peralatan cara teristris foto udara satu-satunya jawaban untuk pemetaan.

Garis besar Proses Fotogrametri :

a. Persiapan

Secara teknis dalam kegiatan persiapan di lakukan hal-hal berikut ini:

- Perencanaan pemotretan

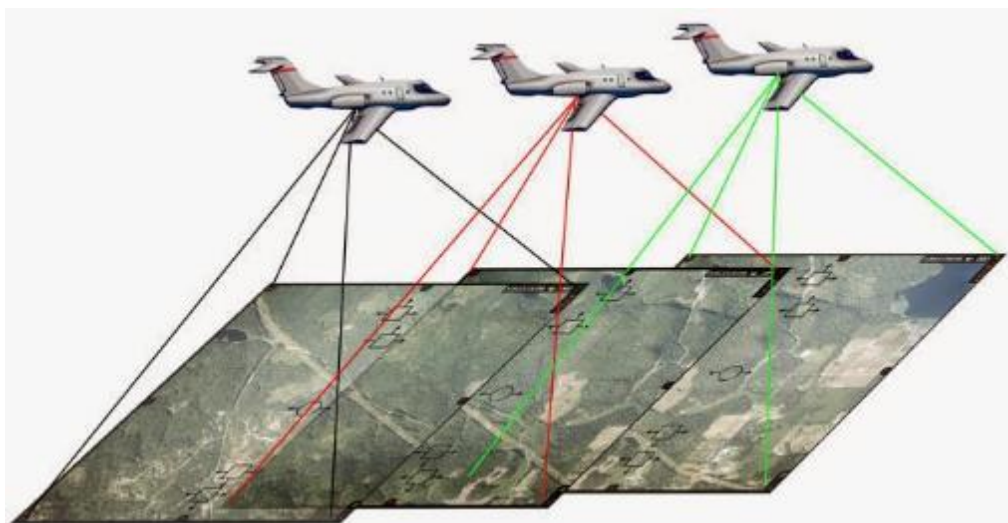
- Perencanaan Pengukuran dan Penandaan titik kontrol tanah (premarking)
- b. Premarking/Penandaan titik kontrol tanah
- Sebelum dilakukan pemotretan pada setiap titik kontrol tanah yang ada harus diberi tanda (premark). Hal ini dimaksudkan supaya pada foto udara hasil pemotretan nantinya akan dapat ditemukan titik-titik kontrol tanah tersebut. Hal ini sangat penting artinya dalam pekerjaan triangulasi udara.
- c. Pengukuran titik kontrol tanah
- Titik kontrol tanah yang telah ditandai kemudian diukur untuk mengetahui koordinatnya, baik koordinat planimetri (X,Y) maupun tinggi (Z). Biasanya untuk daerah datar cukup diukur koordinat planimetrinya, sedangkan untuk daerah bergunung selain koordinat planimetri juga harus diukur tingginya. Koordinat titik kontrol tanah ini diperlukan untuk proses triangulasi udara.
- d. Pemotretan
- Pemotretan dilakukan sesuai dengan perencanaan pemotretan. Dari hasil pemotretan diperoleh foto udara dari daerah yang akan dipetakan. Foto udara yang dihasilkan dapat dapat diketahui baik tidaknya dari kualitas ketajaman dan kesempurnaan overlap dan sidelapnya. Biasanya foto udara mempunyai overlap 60% dan sidelap 30%, dan untuk keperluan tertentu bisa dibuat dengan overlap 80% dan sidelap 60%.



Gambar 52. Pemotretan Udara menggunakan Pesawat Udara

e. Triangulasi Udara

Untuk keperluan proses penyeragaman skala pada setiap foto udara harus terdapat sejumlah titik kontrol tanah. Mengingat pekerjaan fotogrametri meliputi daerah yang luas dan meliputi jumlah foto yang sangat banyak, maka pengadaan titik kontrol tanahnya dilakukan dengan cara triangulasi udara. Secara sederhana triangulasi udara merupakan proses transformasi dari koordinat yang diukur di foto ke koordinat tanah dengan bantuan titik kontrol tanah dengan bantuan titik kontrol tanah hasil (c).



Gambar 53. Triangulasi oleh Pesawat Terbang

f. Proses restitusi

Proses ini secara sederhana dapat dikatakan sebagai proses penyeragaman skala, dari foto udara yang tidak seragam skalanya menjadi peta/foto yang seragam skalanya. Untuk daerah datar biasa dilakukan dengan cara restitusi foto tunggal, dan disebut sebagai proses rektifikasi, hasilnya berupa foto terrektifikasi. Untuk daerah bergunung dilakukan dengan cara restitusi foto stereo, yang meliputi pekerjaan orientasi model dan dilanjutkan dengan proses plotting atau orthophoto, hasilnya bisa berupa manuskrip peta garis atau porthophoto.

g. Mosaik

Secara sederhana dapat dikatakan sebagai proses penyambungan foto, sehingga diperoleh format ukuran yang lebih luas. Dalam rangkaian pekerjaan pemetaan fotogrametri, yang dibuat mosik adalah foto terrektifikasi atau orthophoto, dan dikontrol dengan adanya titik ikat. Istilah yang lebih tepat sering disebut mosaic terkontrol.

h. Interpretasi foto

Informasi tekstual (tutupan lahan) dari daerah yang dipotret, yang akan disajikan sebagai keterangan pada petatidak mungkin untuk didata langsung di lapangan, melainkan diperoleh dengan cara diinterpretasikan melalui foto udara. Keyakinan hasil interpretasi biasanya cukup berdasarkan kunci-kunci interpretasi, akan tetapi kadang-kadang harus diuji kebenarannya dengan melakukan identifikasi lapangan.

i. Kartografi

Untuk menyajikan peta, baik peta garis maupun peta foto dalam bentuk yang baku lengkap dengan informasi peta yang diperlukan, maka harus melalui tahapan pekerjaan kartografi.

j. Peta garis dan Peta Foto

Peta garis dan peta foto merupakan produk akhir dari pemetaan fotogrametri. Pada peta garis detail-detail di lapangan digambarkan dalam bentuk simbol-simbol, sedangkan pada peta foto terekam sebagai citra foto.

Data dalam Fotogrametri terdiri atas:

- Data metrik yaitu data yang bersifat kuantitatif, ditunjukkan dengan nilai angka hasil pengukuran dari foto udara misal jarak, sudut dan dapat diwujudkan dalam bentuk peta
- Data non metrik data yang bersifat kualitatif, merupakan mutu/perbandingan unsur obyek pada foto udara , sebagai penunjang pembuatan peta.

Data – data kualitatif dikenal dalam dua bentuk :

a. Data kualitatif langsung

b. Data kualitatif tidak langsung

- Data kualitatif langsung artinya data diambil secara langsung dari apa yang terlihat pada foto, misalnya : sawah, jalan, saluran, gunung dan lain-lain.

- Data kualitatif tidak langsung artinya dari data yang terlihat pada foto dapat diketahui data lain yang tidak terlihat, misalnya :

- Dari jenis tanaman yang terlihat, kita dapat mengetahui jenis tanahnya.

- Dari jenis erosi yang terlihat, kita dapat mengetahui jenis batuan yang ada dibawahnya.

Data-data kualitatif inilah yang merupakan hasil dari kegiatan interpretasi foto udara dan merupakan bagian tersendiri dari pemetaan fotogrametri.

Beberapa alternatif pengambilan data untuk keperluan pemetaan fotogrametri, kombinasi kamera dan wahana menghasilkan kelompok pemotretan udara (data capturing) sebagai berikut :

a. Pesawat berawak + kamera udara dan GPS navigasi dilibatkan

- b. Pesawat berawak + kamera foto non metrik + GPS navigasi
- c. Pesawat Trike dan kamera non metrik (terbatas luasan medan)
- d. Pesawat model (tak berawak/remote kontrol)+kamera non metrik
- e. Citra satelit hasil pengambilan data non fotografi (dari citra satelit)

Dari berbagai alternatif, kamera udara atau kamera digital dapat dipakai untuk mendapatkan data awal (input data) pemetaan secara digital, sehingga dapat dikelompokkan :

- a. Data foto udara (berbagai ukuran) perlu ditransformasikan ke dalam format digital, secara penyiaman (scanning) pada ketajaman dpi tertentu
- b. Data format digital langsung hasil pemotretan kamera digital
- c. Data format digital dari citra satelit (pada umumnya format digital).

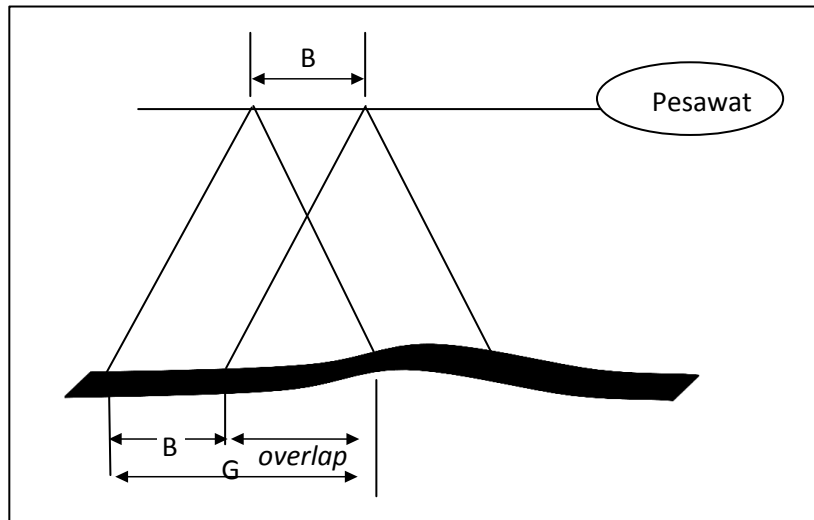
6. Perencanaan Jalur Terbang

Keberhasilan suatu proyek fotogrametri mungkin lebih dipengaruhi oleh foto yang kualitasnya baik. Bila suatu daerah digambarkan oleh foto udara maka fotonya dibuat sepanjang garis sejajar yang disebut garis terbang. Yang perlu diperhatikan dalam perencanaan jalur terbang yaitu foto-foto tersebut pada umumnya dibuat sedemikian sehingga daerah yang digambarkan foto udara yang berurutan didalam satu jalur terbang yang disebut pertampalan.

a. Tampilan

1) Tampilan ke depan (overlap).

Tampilan ke depan ialah tampilan antara foto yang berurutan sepanjang jalur terbang.



Gambar 54. Tampilan ke depan (*Overlap*)

Keterangan :

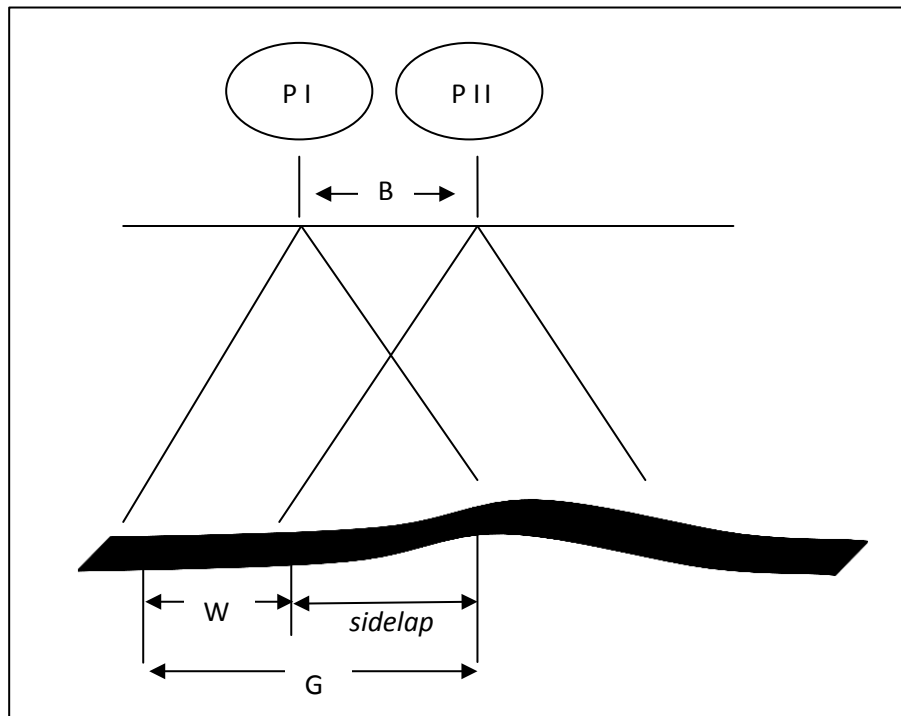
G = ukuran bujur sangkar medan yang terliput oleh sebuah foto tunggal

B = basis atau jarak antara stasiun pemotretan sebuah pasangan foto stereo

PE = besarnya pertampalan pada umumnya dinyatakan dalam persen

$$PE = \left(\frac{G-B}{G} \right) \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

2) Tampilan ke samping (*sidelap*)



Gambar 55. Tampilan ke samping (*Sidelap*)

Keterangan :

PI dan PII = pesawat yang berada pada jalur terbang 1 dan 2

W = jarak antara jalur terbang yang berurutan

PS = besarnya tampilan samping dinyatakan dalam persen.

$$PE = \left(\frac{G-W}{G} \right) \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

a. Luas Liputan

Setelah memilih skala foto rata-rata dan dimensi format kamera, daerah permukaan lahan yang terliput dapat langsung dihitung dengan persamaan berikut;

$$G = S_r \times df \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

S_r = skala rata-rata df = dimensi foto

b. Jarak antara dua jalur terbang

$$W = (100 - PS)\% * lf * S \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

W = adalah jarak antara dua jalur penerbangan PS = pertampalan ke samping (*sidelap*)

lf = lebar sisi foto s = skala foto

c. Interval waktu pemotretan

Interval waktu pemotretan (eksposur) diset pada intervalometer sesuai dengan panjang basis udara (B) dan kecepatan (V=Km/jam). Sedangjan panjang basis udara dihitung dari skala foto dan pertampalan ke depan (*overlap*) yang ditetapkan.

$$dt = \frac{B (km)}{V (km/jam)} (detik) \dots\dots\dots(5)$$

d. Menghitung jumlah foto / strip (jalur terbang)

$$\frac{\text{jumlah foto}}{\text{strip}(nf)} = \frac{p}{(100-PE)\% \times lf \times s} + 2 + 2 \dots\dots\dots(6)$$

(2 = *safety factor*)

e. Jumlah strip (jalur terbang)

$$ns = \frac{l}{(100-PS)\% * lf * s} + 1 \dots\dots\dots(7)$$

(1 = *safety factor*)

Dimana:

p = panjang daerah

l = lebar daerah

pf = panjang sisi bingkai

lf = lebar sisi foto

untuk foto metrik pf = lf = G = 23 cm

s = bilangan skala foto

f. Total Foto yang diperlukan

$$\text{Total foto yang diperlukan} = nf * ns \dots\dots\dots(8)$$

Cara ini dapat digunakan untuk bentuk daerah yang mempunyai bentuk persegi empat atau kombinasi bentuk persegi empat.

7. Pemanfaatan Fotogrametri

Sebagai sebuah ilmu, seni dan teknik, fotogrametri memiliki manfaat dan peran yang sangat besar baik untuk keperluan pengembangan teori maupun untuk keperluan aplikasi. Sumbangan utama fotogrametri adalah untuk pembuatan peta dengan tingkat akurasi dan informasi yang relatif detail.

Pengukuran beberapa objek ketinggian, seperti bukit atau gunung, gedung, pohon, dan lain-lain diperlukan untuk pemetaan potensi, perencanaan, pemantauan dan evaluasi. Misalnya untuk keperluan pendakian suatu gunung yang belum diketahui ketinggiannya pada peta, untuk keperluan evaluasi potensi longsor lahan, maka kemiringan dan ketinggian suatu bukit atau gunung merupakan variable penting yang diperlukan untuk perhitungan.

Perkembangan teknologi komputer telah membangkitkan pola baru dalam pemanfaatan fotogrametri. Fotogramteri semula hanya dimanfaatkan oleh perusahaan-perusahaan besar karena peralatan mekanik dan optic untuk keperluan pengukuran harganya sangat mahal. Saat ini ketika perangkat keras dan perangkat lunak komputer yang mampu membaca data fotogrametri digital berkembang pesat dengan harga terjangkau, maka pengukuran dan analisis data tidak perlu lagi menggunakan peralatan yang mahal dan langka itu. Sebuah desktop PC dengan kelengkapannya mampu menggantikan peran peralatan yang mahal-mahal itu.

Untuk lebih memahami bagaimana pemanfaatan fotogramteri berikut disajikan beberapa manfaatnya.

1. Identifikasi, Pengukuran dan pemetaan fisiografis
 - a. Identifikasi objek

Suatu objek dapat diketahui atau dikenali jenisnya berdasarkan ukurannya. Ukuran objek dapat diketahui ukurannya (panjang, lebar, tinggi, atau volume) dari foto udara karena adanya kenampakan objek yang disertai dengan informasi skala yang ada di informasi tepi.

b. Pengukuran ketinggian tempat dan kemiringan lereng

c. Pemetaan dan revisi peta topografi

Sifat-sifat yang paling jelas dari suatu bentuk lahan adalah bentuk tiga dimensionalnya, yang dengan mudah dapat dianalisis dalam suatu model stereoskopis. Dengan demikian, penafsir citra dapat menentukan secara cepat apakah suatu lahan bertopografi relatif halus atau kasar, apakah berbukit-bukit bulat atau runcing, kemiringan lereng curam atau landai, dan sebagainya. Informasi yang sedemikian banyak dari foto udara dapat memberikan suatu data untuk membuat peta

d. Alat bantu studi geomorfologi dan geologi

Geomorfologi merupakan disiplin ilmu yang sangat banyak terbantu oleh fotogramteri. Kenampakan 3-D pada foto udara yang disertai dengan adanya vertical exaggeration semakin memudahkan para ahli geomorfologi untuk mempelajari kondisi lahan suatu tempat. Perkembangan perangkat lunak dalam fotogramteri fotogramteri digital semakin memperdalam analisis geomorfologi dan geologi. Pemodelan lahan yang dikenal dengan DEM dan TIN mempermudah ahli dan pembelajar geomorfologi dan geologi untuk membuat dan merepresentasikan, bahkan merekonstruksi gejala fisiografis melalui teknik-teknik dalam fotogrametri digital.

2. Pemetaan persil/pendaftaran tanah

Resolusi spasial citra saat ini sedemikian tinggi yakni sampai kurang dari 1 meter, sehingga perwujudan persil lahan lebih mudah untuk diukur dan dianalisis, bahkan dengan teknik manual sekalipun.

Pembuatan peta persil biasanya membutuhkan foto udara berskala besar.

3. Perencanaan dan Evaluasi Pembangunan Fisik

Pembangunan sarana dan prasarana fisik secara procedural pasti didahului dengan perencanaan yang memerlukan dukungan data fisik lahan. Data fisik lahan yang paling umum digunakan adalah kemiringan lereng, bentuk lahan, posisi/orientasi, luas lahan, dan penggunaan lahan. Data seperti ini dapat diperoleh dengan mudah pada foto udara, sehingga dapat mengurangi biaya survey lapangan.

4. Perencanaan Jalan Raya

Perencanaan jalan raya memerlukan informasi mengenai bentuk lahan, ketinggian tempat, kemiringan lereng, arah/jurusan, jarak, volume material yang diperlukan untuk menambah bentuk lahan yang cekung atau memotong lahan yang terlalu tinggi serta informasi fisiografis lainnya dari suatu area yang akan dilewati oleh jalan. Informasi-informasi tersebut tentu membutuhkan survey dan pengukuran yang memerlukan waktu dan biaya yang tidak sedikit. Untuk menghemat dan memberikan informasi yang teliti mengenai kondisi lahan dan ukuran-ukuran aspek yang diperlukan tersebut fotogramteri dapat memberikan solusinya yang berupa waktu pengukuran yang lebih cepat, ketelitian yang dapat dipertanggungjawabkan, efektif dan lebih hemat.

5. Perencanaan Pembuatan Waduk

Perencanaan pembuatan waduk membutuhkan data mengenai bentuk lahan, arah aliran inlet dan outlet, luas Daerah Aliran Sungai (DAS) yang akan mensuplai waduk, kontur lahan, kemiringan lereng area, volume air yang dapat dimuat oleh waduk berdasarkan kondisi cekungan dan lain-lain. Data tentang variable-variabel tersebut memerlukan perhitungan teliti yang dapat diperoleh dari foto udara melalui teknik fotogrametri.

6. Perencanaan jalan kereta api

Syarat kondisi lahan untuk jalan kereta api berbeda dengan jalan biasa. Kemiringan jalan kereta api tidak boleh lebih dari 15 persen. Kondisi lahan yang bentuknya tidak mendukung tetapi terpaksa harus dilewati karena tidak memungkinkan pula jika arah belokan kereta api harus tajam, maka dalam perencanaan jalan kereta api harus diperhitungkan berapa lahan yang harus dipotong dan berapa yang harus diurug. Berdasarkan informasi jurusan dan arah dari foto udara dapat ditentukan belokan yang efektif, arah jalan kereta yang baik. Berdasarkan informasi kemiringan lereng dapat ditentukan daerah mana yang harus dipotong lahannya dan berapa volume tanah yang diperlukan untuk mengurug lahan-lahan yang cekung agar jalan kereta api dapat dipakai.

7. Perencanaan Lahan Permukiman

Perencanaan permukiman membutuhkan informasi kondisi fisik lahan permukiman. Diantara informasi yang diperlukan adalah informasi bentuk lahan, kemiringan lereng, arah/jurusan lokasi permukiman, aksesibilitas lokasi, jarak dari sumber-sumber bencana, kemungkinan banjir, system pengatusan/drainase, posisi lahan terhadap penggunaan lahan lainnya, system pembuangan kaitannya dengan kemiringan lereng dan lain-lain. Informasi-informasi tersebut dapat diekstrak dari foto udara yang cara perhitungannya tentu membutuhkan teknik fotogrametri. Masing-masing variable dapat diberi skor penilaian yang selanjutnya dapat diketahui kondisi kelayakannya untuk pendirian permukiman.

8. Kegunaan Lainnya

Kegunaan lainnya masih sangat banyak terutama untuk aspek-aspek pembangunan yang memerlukan informasi ukuran dari unsur fisik permukaan bumi.

D. Aktivitas Pembelajaran

Dalam pembelajaran ini peserta diklat diharuskan mengikuti prosedur sebagai berikut:

1. Pahami tujuan pembelajaran dengan seksama.
2. Bacalah materi secara runtut dan temukan jawaban atas pertanyaan-pertanyaan yang ada dalam tujuan pembelajaran tersebut.
3. Berhentilah sejenak pada point-point penting yang merupakan jawaban yang disebutkan dalam tujuan, lakukan berbagai tindakan yang memungkinkan anda memahaminya dengan baik, termasuk menanyakannya kepada instruktur.
4. Tutuplah buku Anda, lalu cobalah menjawab pertanyaan yang ada pada tujuan tersebut.
5. Jika jawaban Anda kurang memuaskan, lakukan pengulangan.

Aktivitas pembelajaran meliputi kegiatan:

- Studi literatur
- Diskusi dan Pemaparan/Presentasi

LK 2.01 Kegiatan Studi Literatur

No	Kegiatan	Hasil Diskusi/ Pemahaman	Sumber/Stu di Literatur
1	Pengertian Fotogrametri <ul style="list-style-type: none">• Jelaskan pengertian fotogrametri• Cabang-cabang fotogrametri		
2	Kegiatan fotogramteri <ul style="list-style-type: none">• Jelaskan langkah-langkah fotogrametri		
3	Sejarah fotogramteri <ul style="list-style-type: none">• Uraikanlah sejarah fotogrametri		
4	Klasifikasi Foto Udara <ul style="list-style-type: none">• Jelaskan klasifikasi foto dalam fotogrametri• Jelaskan secara lebih detail foto		

	udara dapat dibedakan atas beberapa dasar		
5	Pemetaan Fotogrametri <ul style="list-style-type: none"> • Jelaskan garis besar proses fotogrametri • Jelaskan kelompok pemotretan udara (data capturing) dalam fotogramteri 		
6	Perencanaan jalur terbang <ul style="list-style-type: none"> • Apa yang dimaksud dengan pertampalan 		
7	Pemanfaatan fotogrametri <ul style="list-style-type: none"> • Jelaskan pemanfaatan fotogrametri dalam kehidupan sehari-hari • Jelaskan sumbangan utama fotogrametri bagi kehidupan manusia 		

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Lakukan langkah-langkah pembelajaran sebagaimana dijelaskan di atas.
2. Diskusikanlah secara berkelompok topik-topik yang berkaitan dengan menguraikan teknik fotogrametri. Kemudian presentasikan di depan kelas, sehingga ditanggapi oleh teman-teman Anda (buat kelompok dalam anggota terbatas).
3. Jelaskan jenis data yang dapat diperoleh dari foto udara!
4. Jelaskan pengertian data kuantitatif dan data kualitatif!
5. Jelaskan manfaat peta dari pemetaan fotogrametri untuk berbagai keperluan rekayasa!

F. Rangkuman

Pemetaan fotogramteri pada dasarnya dapat ditempuh dari dua cara atau kelompok, pemetaan cara teristis atau pemetaan langsung dengan

peralatan ukur lapangan, serta pemetaan lewat media pengambilan data baik dari pemotretan udara atau menggunakan citra satelit yang dikenal pemetaan fotogrametri.

Garis besar proses fotogrametri meliputi:

- a. Persiapan
- b. Premarking/Penandaan titik kontrol tanah
- c. Pengukuran titik kontrol tanah
- d. Pemotretan
- e. Triangulasi Udara
- f. Proses restitusi
- g. Mosaik
- h. Interpretasi foto
- i. Kartografi
- j. Peta garis dan Peta Foto

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah Anda selesai mempelajari modul ini, saudara membentuk kelompok-kelompok kecil dalam kelas, lalu diskusikan berbagai hal yang ada dalam materinya. Setelah itu setiap juru bicara kelompok menyajikan hasil diskusi kelompoknya untuk diberikan tanggapan balik oleh anggota kelompok lainnya.

Anda secara individu atau kelompok harus menulis resume pembelajaran ini yang diserahkan pada waktu penutupan diklat ini.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

MEMILIH PERALATAN YANG DIPERLUKAN DALAM PEKERJAAN FOTOGRAMETRI

A. Tujuan

Diharapkan setelah penyajian materi ini, peserta diklat akan dapat:

1. Mengetahui teknik fotogramteri digital
2. Menguraikan teknik fotogramteri digital
3. Memilih peralatan yang diperlukan dalam pekerjaan fotogramteri.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi pada pembelajaran ke 2 ini adalah peserta diklat mampu menguraikan teknik fotogramteri digital serta memilih peralatan yang diperlukan dalam pekerjaan fotogramteri.

C. Uraian Materi

1. Fotogramteri Digital

a. Pendahuluan

Pada dekade terakhir ini, dunia pemetaan telah mengalami transisi dari pemetaan grafis konvensional ke numerik/digital, komputerisasi pemetaan. Fotogramteri yang semula memanfaatkan citra analog telah berkembang ke arah pemanfaatan citra digital. Perkembangan dipicu oleh perkembangan teknologi komputer beserta perangkat lunaknya, perkembangan teknologi pencitraan yang mendorong migrasi dari foto udara ke citra resolusi tinggi yang direkam dari ruang angkasa, semakin terjangkaunya harga peralatan digital untuk keperluan analisis citra, mahalnnya peralatan optik dan mekanik untuk analisis citra analog, dan lain-lain. Fotogramteri telah berkembang dari fotogramteri analog menjadi fotogramteri analitik, dan saat ini berevolusi menjadi fotogramteri digital.

b. Definisi Fotogrametri Digital

Istilah Fotogrametri Digital muncul sejak fotogramteri mengadopsi citra digital sebagai objek kajian dan berbagai aplikasinya dalam berbagai bidang. Disamping istilah fotogramteri muncul pula istilah *Softcopy Photogrammetry*. Kedua istilah tersebut menunjuk pada hal yang sama. Istilah "*softcopy photogrammetry*" secara luas digunakan di Amerika Serikat, alasan penggunaan istilah tersebut adalah untuk tujuan historis, dimana citra yang dianalisis berupa file-file komputer yang biasa disebut *softcopy*. Di dunia internasional istilah yang digunakan adalah *digital photogrammetry*. Perbedaan utama antara fotogrametri digital dengan pendahulunya (analog dan analitik) adalah berkaitan dengan citra digital yang digunakan secara langsung daripada foto udara analog. Pada fotogramteri analog, instrument optik dan mekanik digunakan secara luas untuk mencari hubungan geometrik, sementara pada fotogramteri analitik, pemodelan geometrik lebih bersifat matematis. Keduanya berkaitan dengan fotografi analog yang analisisnya menggunakan plotter fotogramterik yang mahal harganya. Tetapi matematika untuk model pemrosesan data, seperti orientasi, triangulasi, dan lainlain masih digunakan dalam fotogramteri digital secara mapan.

Menurut Dowman (1991) terdapat sejumlah faktor penting yang menyebabkan fotogramteri digital berkembang sangat cepat, faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Ketersediaan jumlah citra digital yang semakin meningkat dari sensor satelit, kamera CCD, dan penyiam
2. Ketersediaan komputer (DPW) dengan peripheral teknologi yang inovatif dan terpercaya, seperti ruang penyimpanan yang makin luas, monitor yang mampu menampilkan warna sebenarnya, transfer data yang cepat, dan teknik kompresi/dekompresi.
3. Integrasi semua tipe datadalam suatu system informasi komprehensif dan menyatu, misalnya SIG.
4. Aplikasi real-time, seperti robotic dan control kualitas

5. Desain berbantuan komputer (dalam bidang seni, arsitek bangunan seperti diperlihatkan oleh gambar 73, dan aplikasi industrial)

6. Kekurangan operator fotogramteri yang terlatih dan berpengalaman
Citra digital pada umumnya diperoleh dari hasil perekaman dengan menggunakan sensor non-kamera (scanner, radiometer, spektrometer) dan kamera yang detektornya tidak menggunakan film tetapi menggunakan detector elektronik. Citra digital tidak selalu merupakan data rekaman langsung, tetapi dapat pula hasil rekaman data non-digital, seperti gambar dari monitor, televise, atau data fotografik yang telah dikonversi menjadi bentuk digital (konversi dari kontinum ke diskrit). Pengolahan citra digital yang berbentuk data diskrit ini dilakukan dengan bantuan komputer yang bekerja dengan angka-angka presisi terhingga

Dalam fotogrametri analog, instrument mekanik dan optic (plotter) digunakan untuk membangun relasi geometrik. Pada fotogrametri analatik, pemodelan geometrik bersifat matematis. Analisisnya memerlukan plotters fotogrametri yang harganya mahal. Dalam fotogrametri digital, semua jenis citra (aktif maupun pasif) yang diperoleh dari pesawat terbang, satelit, dan lain-lain) dapat diproses. Seluruh proses fotogrametri bersifat digital, dan banyak komponen-komponennya yang telah diotomatisasi.

c. Peralatan Pengolahan Citra Digital

Pada umumnya, suatu proyek fotogrametri meliputi dua tahap, yakni: 1) akuisisi citra data pendukungnya (misalnya informasi kontrol medan) dan 2) pemrosesan citra untuk menderivasi citra dan produk vector. Tahap pertama mencakup beberapa langkah seperti desain proyek, perencanaan misi, perolehan data, control medan dan jaminan mutu. Tahap kedua, mencakup penggunaan stasiun kerja fotogrametri digital atau DPW (*digital photogrammetric workstation*) untuk kerja pemrosesan data.

Sebuah DPW mengkombinasikan perangkat keras dan perangkat lunak komputer menurut kerangka kerja fotogrametri untuk mengolah data citra digital. Sebagai gambaran worksatation lihat gambar 68. Suatu DPW terdiri dari sebuah workstation grafis, dengan perngakat penampil stereo

(sebagian besar menggunakan perangkat ini) dan mouse 3D. Untuk DPW modern, tidak ada persyaratan tersedianya komputer sebagai host. Untuk keperluan sebuah DPW paling tidak dibutuhkan desktop PC paling tidak RAM 256, monitor 19-21 inch dan kartu grafis (VGA Card) yang bagus.

Desain DPW ke depan harus memenuhi kelengkapan dasar yang diperlukan. Suatu system fotogrametri digital didefinisikan sebagai konfigurasi hardware/software yang menghasilkan produk fotogrametri dari citra digital dengan menggunakan teknik manual dan otomatis. Keluaran dari system tersebut berupa koordinat titik objek tiga dimensi, permukaan terstruktur, fitur-fitur terekstaraksi, dan ortofoto. Ada dua perbedaan utama antara DPW dan stereoplotter analitik. *Pertama*, input data yang digunakan, data digital untuk diolah DPW lebih bersifat dinamis. *Kedua*, perubahan yang dibawa oleh system fotogrametri digital yang berupa potensi untuk pengukuran otomatis, dan penyelarasan citra (*image matching*) yang sederhana tidak sebagaimana stereoplotter analitik. Pengukuran otomatis dan teknik penyelarasan citra merupakan dua hal yang memiliki nilai tambah teknologi digital baru yang sangat berarti bagi fotogrametri.

Peralatan yang diperlukan untuk kerja fotogramteri digital mencakup perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Perangkat kerasnya berupa unit computer beserta peralatan pendukungnya sebagai DPW dan perangkat lunaknya berupa program computer yang perlu disesuaikan dengan spesifikasi perangkat keras (*hardware compatibility*) dan tujuan penggunaannya.

1. Konfigurasi perangkat keras

Perkembangan computer pribadi (PC) bersama dengan system operasinya telah mendorong lahirnya berbagai system pengolah data digital 64 bit yang dapat bekerja optimal. Konfigurasi perangkat keras system pengolahan citra digital pada umumnya dapat diterapkan pada berbagai level computer. Computer generasi baru dengan dukungan prosesor ganda mampu bekerja secara multi-task dan multi-user.

Konfigurasi system perangkat keras untuk pengolahan citra digital secara umum terdiri atas enam sub-sistem, yakni subsistem computer, subsistem input video, susbsistem output video, susbsistem control proses interaktif, susbsistem penyimpanan citra, dan subsistem perangkat khusus pengolah citra (Murni dalam Sri Hardiyati, 2001).

a. Subsistem computer

Subsistem computer merupakan perangkat dasar yang dilengkapi peralatan untuk memasukkan data dan penampil hasil pengolahan data. Peralatan yang termasuk dalam lingkup subsistem ini adalah alat pembaca dan penyimpan pita magnetic (CCT), alat penyimpan dan pembaca disk, printer, dan berbagai jenis terminal yang kompatibel untuk alat komunikasi data (port serial, USB port, infrared, Bluetooth, dan lainnya).

b. Subistem input video

Citra digital merupakan besaran numeric yang merupakan representasi dari tingkat keabuan atau warna suatu objek. Citra digital ini dapat berasal dari perekaman langsung secara digital atau hasil konversi dari data analog. Data tersebut oleh subsistem ini dimasukkan ke system sehingga dapat diolah.

c. Subsistem output video

Hasil proses pengolahan citra digital yang berupa cetak film, cetak gambar plotter, bentuk peragaan monitor dapat ditayangkan oleh subsistem ini. Perkembangan dalam teknologi video (VGA Card) berdefinisi tinggi karena kemampuan GPU (*graphics chip*) yang ada pada VGA Card lebih powerfull daripada prosesor computer (CPU) dalam penghitungan matematis. Dengan demikian hasil penolahan data dapat ditampilkan dalam tempo yang cepat, gerakan yang sesuai, resolusi tinggi, dan warna yang sangat baik.

d. Subsistem control interaktif

Subsistem ini meliputi peralatan yang digunakan untuk komunikasi data antara pengolah data dengan mesin. Alat umum yang paling

sederhana adalah terminal, keyboard, dan mouse. Saat ini telah banyak dikembangkan berbagai alat komunikasi data yang semain memudahkan kerja pengolahan data. Media transfer data yang sangat mudah antara lain CD/DVD ROM/RW.

e. Subsistem penyimpanan file citra

Saat ini telah bermunculan perangkat storage dalam ukuran yang sangat besar. Harddisk telah hadir dalam ukuran terabyte (ribuan giga). Subsistem ini berfungsi sebagai penimpan memori tetap (virtual memory), dan untuk mempercepat proses pemindahan file dari disk ke memory digunakan penyimpan sementara, seperti flashdisk, blueray, DVD, dan lain-lain.

f. Subsistem perangkat keras khusus pengolah citra

Perangkat keras pengolah citra terdiri dari (1) video digital sebagai prosesor pengolah citra yang akan mengolah citra secara parallel terhadap pixel citra; (2) bagian memori citrayang terdiri dari beberapa susunan pixel, (3) bagian perangkat keras untuk pembesaran, penggulangan, dan sebagainya, (4) bagian control keluaran video, yang berfungsi untuk mengatur warna.



Gambar 56. Seperangkat komputer sebagi workstation untuk pemrosesan fotogrametri digital

Ada banyak cara untuk menyediakan stereo viewing, termasuk monitor yang dapat di-split menjadi stereoskop sederhana, anaglif (tampil merah/hijau), polarisasi dan metode CrystalEyes. Pemilihan kelengkapan perangkat pada umumnya disesuaikan dengan kebutuhan pekerjaan dan factor anggaran, diantara kelengkapan itu dapat dilihat pada gambar 69. Hal yang perlu diketahui bahwa banyak operasi fotogrametri digital tidak membutuhkan stereo viewing, kecuali untuk pengukuran koordinat 3-D, oleh karena itu banyak DPW tidak menyediakan. Untuk memaksimalkan efisiensi pemetaan, akurasi dan kenyamanan operator.

2. Konfigurasi perangkat lunak

Konfigurasi perangkat lunak (software) pengolah citra digital secara garis besar dibagi menjadi 7 modul sebagai berikut:

a. Modul proses file masukan dan keluaran

Modul ini berfungsi untuk (1) memindah file citra dari penyimpanan lain ke disk memori computer atau sebaliknya; (2) memindah file antar memori internal; (3) memindah dan menyimpan data masukan berbentuk gambar ke memori citra; dan (4) mengatur proses penayangan citra secara detail.

b. Modul filtering dan koreksi radiometric

Modul ini berfungsi untuk meningkatkan kualitas citra. Termasuk dalam proses ini adalah filtering, enhancement, pengaturan symbol, dan lain-lain.

c. Modul proses registrasi citra dan koreksi geometric

Berfungsi untuk proses registrasi penggabungan dua citra atau lebih secara spasial (mosaicking). Registrasi dilakukan dengan cara interpolasi berdasarkan titik control yang diketahui koordinatnya melalui koreksi geometric.

d. Modul klasifikasi citra

Modul klasifikasi citra mencakup beberapa fasilitas yang berfungsi untuk:

- 1) menyusun kunci interpretasi/pembentukan sel latihan (*training sample*);



Gambar 57. Kelengkapan untuk bekerja dalam fotogrametri digital

- 2) mengelompokkan data;
- 3) menghitung statistik tiap kelas/pengelompokan pola dari objek yang sama;
- 4) menggambarkan diagram ruang;
- 5) memproses klasifikasi citra.

e. Modul perhitungan statistik

Proses pengolahan citra seringkali membutuhkan nilai-nilai statistic, seperti rata-rata, standar deviasi, varian dan ovarian matriks, histogram distribusi nilai pixel, pembuatan diagram (scatter diagram) dan lain-lain, oleh karena itu modul ini diperlukan. Bahkan dalam

beberapa kasus diperlukan garis regresi nilai pixel antar berbagai band.

- f. Modul proses pembuatan laporan dan peragaan secara grafis.

Modul operasi matematika meliputi segala operasi yang bersifat aritmatik dan bersifat logic (AND, OR, NOT, XOR). Misalnya analisis AND digunakan untuk menggabungkan dua criteria pada suatu area. Kalau criteria yang dipakai A, maka criteria yang lain sebagai NOT A. Disamping untuk keperluan operasi logika, modul ini berguna untuk (1) penggabungan citra secara spectral, misal analisis lebar (dengan zooming); (2) analisis interseksi untuk menangani klasifikasi citra diantara perpotongan kenampakan objek, seperti sungai dengan jalan, rel kereta dengan jalan; dan (3) analisis garis dan bidang untuk cropping citra dalam menentukan batas wilayah pada radius tertentu, seperti buffering dalam SIG.

d. Alur Kerja Fotogrametri Digital

Strynatika (2007) membagi alur kerja fotogramteri menjadi tiga periode, yakni: alur kerja tradisional, alur kerja digital, dan alur kerja masa depan. Alur kerja tradisional mencakup pekerjaan proses penyiaman (scanning), mengoreksi citra (*image dodging*), penyetelan proyek, informasi kamera, orientasi interior, triangulasi udara, generalisasi medan, pengeditan data medan, ekstraksi fitur, ortofoto dan pembuatan mosaik. Perbedaan alur kerja tersebut dengan alur kerja digital adalah penggunaan data digital secara langsung, penggunaan citra resolusi sangat tinggi dan semua jenis data citra dapat diolah (tidak terbatas pada foto udara), dan fotogramteri modern biasanya dipadukan dengan GPS (*global Positioning System*). Untuk mengetahui alur kerja fotogramteri mendatang, dapat dimulai dari melihat perkembangan alat bantu dalam kerja fotogrametri secara langsung, seperti perkembangan dalam perangkat keras komputer, teknologi sensor baru, dan solusi enterprise. Fotogramteri masa depan memungkinkan pengolahan data menjadi sangat cepat, pengguna tidak

perlu lagi menyimpan data pada storage tapi dapat disimpan di komputer server, sehingga perlu metode yang berbeda untuk mengaksesnya.

Ada kecenderungan meningkatnya kebutuhan terhadap tools untuk mengolah dan mengarsip data. Banyak pengguna mulai mencoba mempublikasikan data yang tersimpan pada server dan pada web atau aplikasi klien seperti Google Earth. Teknologi sensor juga berkembang sangat cepat, sehingga kemungkinan diperoleh data medan dengan akurasi dan densitas yang sangat tinggi. Hal ini akan mempengaruhi alur kerja fotogramteri.

Produk primer dari kerja fotogrametri digital adalah model elevasi digital (*digital elevation model*=DEM), citra terektifikasi-orto atau citra orto (*orthoimages*) dan fitur-fitur terekstaksi (vektor). Produk yang paling populer adalah DEM. DEM adalah file digital yang berisi elevasi medan yang sesuai dengan posisinya di lapangan secara tetap menempati interval horizontal (USGS, 2001). DEM biasanya diperoleh dengan cara interpolasi peta kontur digital dengan menggunakan perangkat lunak tertentu berbasis raster. DEM digunakan untuk menampilkan gambar/peta 3-tiga dimensi yang berupa kemiringan lereng, aspect (arah kemiringan), dan profil-profil medan antara titik-titik terpilih. USGS menggunakan DEM yang merupakan kombinasi dari grafik raster digital, grafik garis digital, ortofoto digital persegi empat untuk mempertajam informasi visual bagi ekstraksi data dan keperluan revisi serta untuk membuat citra digital hybrid yang indah dan menarik. Aplikasi non-grafis seperti data gravitasi dan model medan untuk digunakan dalam pencarian sumberdaya energy, penghitungan volume waduk, membuat estimasi kemungkinan longsor lahan juga dapat dikembangkan.

Perangkat lunak yang biasanya digunakan untuk keperluan tersebut antara lain: ArcGIS, ILWIS, Idrisi, Autocadmap, dan lain-lain. Disamping istilah DEM terdapat pula istilah digital surface model atau digital terrain model (DTM). Disebut DTM karena terrain (medan atau bentuk fisis permukaan bumi) diwakili oleh suatu model tertentu yang terbentuk dari

sekumpulan titik-titik yang diketahui koordinat ruangnya. Kumpulan titik tersebut dapat diperoleh dengan cara terestris, fotogrametris atau digitasi. Dengan bantuan komputer data tersebut disimpan dalam bentuk digital pada storage komputer (hard disc, blue ray, DVD, CD, flahdisk) dan dapat dipanggil kembali untuk berbagai keperluan dan diupdate bila terdapat data baru. Produk sekunder diturunkan dari produk primer antara lain peta kontur (diturunkan dari DEM), peta-peta kontur citra (citra orto yang dioverlay dengan peta kontur) sebagaimana ditunjukkan oleh gambar 58, peta garis citra (citra-orto dengan overlay vector) dan model-model kenampakan 3-D (DEM dengan paduan citra dan fitur 3-D).

e. Penyiaman citra

Penyiaman citra seringkali menjadi bagian dari kelengkapan fotogrametri digital. Kualitas geometrik dan resolusi penyiaman merupakan dua hal utama yang harus diperhatikan. Paling tidak resolusi penyaiaman adalah 1020 μm yang diperlukan untuk tujuan pemetaan. Banyak vendor menyediakan penyiam yang layak untuk fotogrametri, tetapi biasanya harganya mahal. Banyak studi menunjukkan bahwa penyiam desktop level bawah (murah) sampai level menengah dapat menyiam dengan hasil yang masuk akal dalam hal kualitas geometriknya jika dikalibrasikan secara teliti.

f. Perolehan citra digital

Harga sensor pencitra digital telah mengalami penurunan secara drastic pada akhir-akhir ini seiring dengan bertambahnya penetrasi pasar dan penerimaan pengguna. Banyak sensor pencitra baru (seperti sensor satelit, kamera digital yang dipasang pada pesawat udara, dan lain-lain) telah diciptakan. System kamera digital pesawat udara saat ini banyak digunakan dalam proyekproyek besar dan diharapkan tumbuh secara cepat dalam beberapa tahun ke depan. Sistem penginderaan jauh komersial seperti Space Imaging's IKONOS dan DigitalGlobe's QiuckBird Satellite, Cartosat, ALOS dan lainlain telah membangkitkan pasar perolehan citra. Karena orbital tinggi yang berulangulang, kemampuan

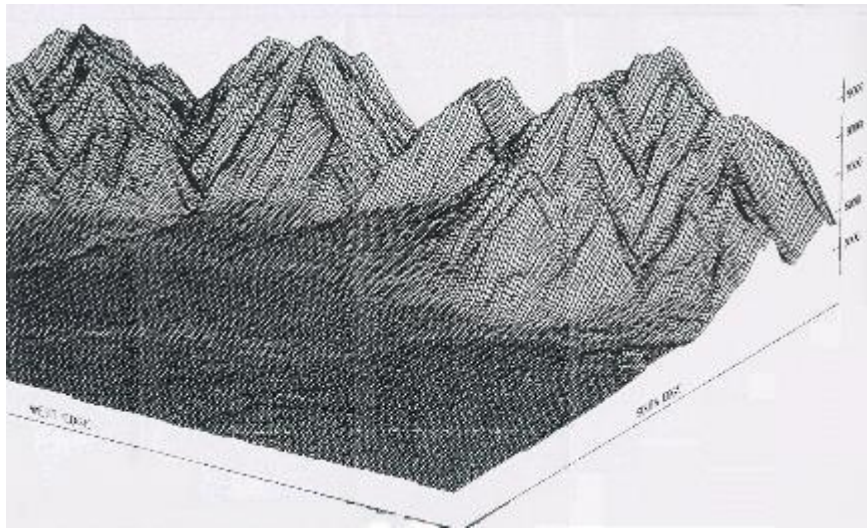
multispectral dan stereo, dan harga perolehan data yang terjangkau dan stabil, citra satelit digital akan mempunyai dampak yang signifikan terhadap fotogrametri digital.

g. Orientasi dan triangulasi

Orientasi dan triangulasi merupakan langkah fundamental dalam fotogrametri. Orientasi digunakan untuk memperbaiki relasi geometrik antara suatu objek dan apa yang tertampil pada citra. Di dalamnya, orientasi absolute dan relative merupakan modul dasar yang digunakan untuk menurunkan koordinata 3-D suatu objek dari citra

h. Pemerolehan DEM

Salah satu proses fundamental dalam fotogrametri adalah mengidentifikasi dan mengukur titik-titik yang berhubungan pada dua atau lebih citra/foto udara yang bertampalan. Pada DPW, pengguna dapat melakukan pekerjaan tersebut secara otomatis—sebuah proses yang disebut penyelerasan citra (*image matching*) suatu aspek yang menjadi salah satu topik penelitian yang populer dalam dekade lalu, suatu DEM dapat diperoleh secara otomatis. Biasanya, perolehan DEM manual (mengukur titik elevasi yang mengapung dalam mode pandang stereo), proses bekerja yang sangat intensif. Pada masa kini DPW berkemampuan tinggi mampu membuat DEM secara otomatis dan semi otomatis. Tetapi hasil *image matching* masih tidak tangguh (dengan bangunan yang padat), tubuh perairan, pegunungan berrelief tinggi dan daerah dengan tekstur rendah. Pengeditan secara manual dan penjaminan kualitas biasanya diperlukan setelah pemrosesan otomatis.



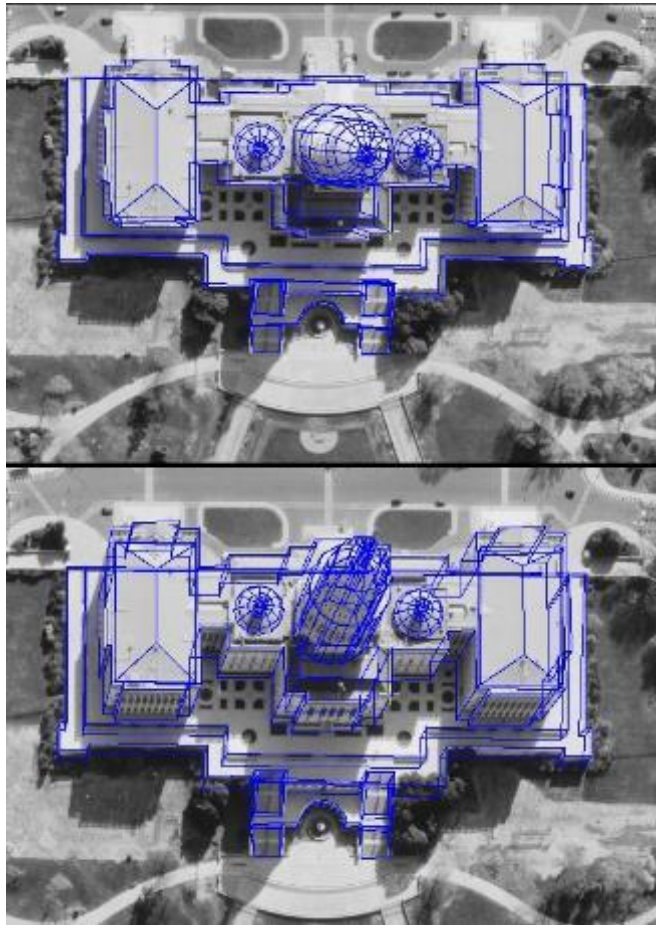
Gambar 58. Model elevasi digital (DEM) hitam putih



Gambar 59. Model Elevasi digital berwarna



Gambar 60. Meja untuk pembacaan citra digital

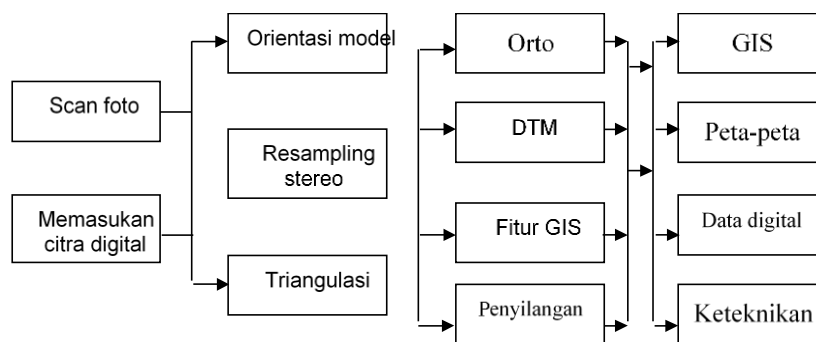


Gambar 61. Model bangunan 3-D yang diturunkan dari citra stereo

Madani (2006) mengemukakan alur kerja fotogrametri digital berdasarkan software sistem fotogrametri terpadu Intergraph (*Intergraph Digital Photogrammetry System Software*). Alur kerja tersebut dibagi menjadi dua, yakni pembuatan basisdata visual dan operasi eksploitasi basisdata visual. Pembuatan basisdata visual berkaitan dengan penyiaman foto, pengukuran luas/isi (*mensuration*) dan pengaturan citra (oreintasi dan/atau bundle), dan pemerolehan citra epipolar. Eksploitasi basisdata visual berkaitan dengan fitur 3-D/kumpulan DTM (*Digital Terrain Model*), pemerolehan model CAD (*Computer-Aided Design*), dan pembuatan ortofoto.

Secara umum, alur kerja fotogrametri digital terdiri dari: 1) mensurasi dan triangulasi; 2) fitur 3-D dan ekstraksi DTM; dan 3) pemerolehan ortofoto. Untuk dapat memperoleh keluaran yang baik dan bermakna, maka

fotogrametri digital dalam kerjanya tidak dapat dipisahkan dari Sistem Informasi Geografis (SIG). Perpaduan fotogramteri digital dengan SIG memungkinkan diperolehnya peta foto yang secara visual menarik, secara metrik diperoleh ukuran yang tepat, dan secara kartografis sesuai dengan proyeksi penggambaran permukaan bumi di atas bidang datar. Alur kerja fotogramteri digital dengan System Intergraph adalah sebagaimana ditunjukkan gambar 10.7 berikut ini:



Gambar 62. Alur kerja fotogramteri digital

2. Keunggulan dan Kelemahan Fotogramteri Digital

a. Keunggulan Fotogramteri Digital

- a. Tidak membutuhkan peralatan optic dan mekanik yang harganya mahal dan sangat jarang ketersediannya
- b. Pekerjaan menjadi lebih praktis dan efisien, karena banyak diantara pekerjaan-pekerjaan fotogramteri dapat diotomatisasi
- c. Data tersimpan dalam bentuk yang ringkas, tidak memerlukan tempat/ruang luas.
- d. Data digital dapat dengan mudah dikombinasikan dengan data atribut lain, sehingga data citra dapat lebih informatif
- e. Fotogramteri digital menyediakan fasilitas, yang memungkinkan kualitas citra dapat diatur sehingga satu jenis citra dapat digunakan dalam berbagai keperluan

- f. Tidak memerlukan peralatan yang jumlah dan ukurannya besar-besar, seperti stereoplotter analitik, stereometograf, Zoom Transfer Scope, dan lain-lain.
- g. Kompatibel terhadap semua jenis citra, tidak terbatas pada foto udara (hasil perekaman dengan kamera)
- h. Prospektif, karena perkembangan fotogramteri berkorelasi positif dengan perkembangan teknologi perangkat keras dan perangkat lunak computer.

b. Kelemahan

- a. Problem ukuran citra digital yang sering kali sangat besar. Sebuah foto udara berformat 23 cm x 23 cm disiam pada resolusi 20 mikrometer, membutuhkan lebih dari 200 megabyte ruang penyimpanan Kesalahan dalam penanganan ukuran citra yang besar ini dapat menyebabkan alur kerja fotogramteri menjadi terganggu. Cara paling efisien untuk menangani data citra yang besar adalah dengan membuat format file yang ringkas dan teknik mengkompres citra.
- b. Kegagalan fotogrametri digital sering terjadi karena kegagalan dalam input data. Saat dilakukan proses scanning
- c. Langkah-langkah pemrosesan citra digital memerlukan tenaga yang benar-benar terlatih dan professional.
- d. Pada beberapa perangkat lunak kemampuan membaca file yang telah diolah dengan perangkat lunak lain tidak dapat dilakukan secara langsung, karena harus melalui prose konversi.

D. Aktivitas Pembelajaran

Dalam pembelajaran ini peserta diklat diharuskan mengikuti prosedur sebagai berikut:

- 1) Pahami tujuan pembelajaran dengan seksama.
- 2) Bacalah materi secara runtut dan temukan jawaban atas pertanyaan-

pertanyaan yang ada dalam tujuan pembelajaran tersebut.

- 3) Berhentilah sejenak pada point-point penting yang merupakan jawaban yang disebutkan dalam tujuan, lakukan berbagai tindakan yang memungkinkan anda memahaminya dengan baik, termasuk menanyakannya kepada instruktur.
- 4) Tutuplah buku Anda, lalu cobalah menjawab pertanyaan yang ada pada tujuan tersebut.
- 5) Jika jawaban Anda kurang memuaskan, lakukan pengulangan.

Aktivitas pembelajaran meliputi kegiatan:

- Studi literatur
- Diskusi dan Pemaparan/Presentasi

LK 2.01 Kegiatan Studi Literatur

No	Kegiatan	Hasil Diskusi/Pemahaman	Sumber/Studi Literatur
1	<p>Definisi fotogramteri digital</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apa yang dimaksud dengan fotogrametri digital? • Apa yang dimaksud dengan Softcopy Photogrametry? • Hal apa saja yang membuat fotogrametri digital berkembang sangat pesat? 		
2	<p>Peralatan Pengolahan Citra Digital</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sebutkan peralatan apa saja yang digunakan untuk pengolahan citra digital • Uraikan konfigurasi perangkat lunak (software) pengolah citra digital 		
3	<p>Alur kerja fotogrametri digital</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gambarkan dan uraikan alur kerja fotogrametri digital • Apa perbedaan alur kerja tradisional, 		

	alur kerja digital dan alur kerja masa depan dalam alur kerja fotogrametri		
4	Keunggulan dan Kelemahan Fotogrametri Digital <ul style="list-style-type: none"> • Sebutkan keunggulan fotogrametri digital • Sebutkan kelemahan fotogrametri digital 		

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Lakukan langkah-langkah pembelajaran sebagaimana dijelaskan di atas.
2. Diskusikanlah secara berkelompok topik-topik yang berkaitan dengan memilih peralatan yang diperlukan dalam pekerjaan fotogrametri. Kemudian presentasikan di depan kelas, sehingga ditanggapi oleh teman-teman Anda (buat kelompok dalam anggota terbatas).
3. Uraikanlah secara mendetail alur kerja fotogrametri digital.
4. Buatlah satu contoh hasil pemotretan udara yang diolah dengan fotogrametri digital. Foto udara dapat diperoleh melalui download di internet, kemudian diolah menggunakan software pengolah citra, sesuaikan dengan topik yang anda tentukan sendiri. Contoh citra perkotaan yang akan dibuat garis jalan baru di atas citra tersebut.

F. Rangkuman

Perbedaan utama antara fotogrametri digital dengan pendahulunya (analog dan analitik) adalah berkaitan dengan citra digital yang digunakan secara langsung daripada foto udara analog. Pada fotogramteri analog, instrument optik dan mekanik digunakan secara luas untuk mencari hubungan geometrik, sementara pada fotogramteri analitik, pemodelan geometrik lebih bersifat matematis. Keduanya berkaitan dengan fotografi analog yang analisisnya menggunakan plotter fotogramterik yang mahal

harganya. Tetapi matematika untuk model pemrosesan data, seperti orientasi, triangulasi, dan lain-lain masih digunakan dalam fotogrametri digital secara mapan.

Pada umumnya, suatu proyek fotogrametri meliputi dua tahap, yakni:

- 1) akuisisi citra data pendukungnya (misalnya informasi kontrol medan)
- 2) pemrosesan citra untuk menderivasi citra dan produk vector.

Tahap pertama mencakup beberapa langkah seperti desain proyek, perencanaan misi, perolehan data, control medan dan jaminan mutu. Tahap kedua, mencakup penggunaan stasiun kerja fotogrametri digital atau DPW (*digital photogrammetric workstation*) untuk kerja pemrosesan data.

Peralatan yang diperlukan untuk kerja fotogrametri digital mencakup perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat kerasnya berupa unit computer beserta peralatan pendukungnya sebagai DPW dan perangkat lunaknya berupa program computer yang perlu disesuaikan dengan spesifikasi perangkat keras (*hardware compatibility*) dan tujuan penggunaannya. Untuk keperluan sebuah DPW paling tidak dibutuhkan desktop PC paling tidak RAM 256, monitor 19-21 inch dan kartu grafis (VGA Card) yang bagus serta sistem pengolah data digital 64 bit.

Produk primer dari kerja fotogrametri digital adalah model elevasi digital (*digital elevation model=DEM*), citra terektifikasi-orto atau citra orto (*orthoimages*) dan fitur-fitur terekstaksi (vektor). Produk yang paling populer adalah DEM. DEM adalah file digital yang berisi elevasi medan yang sesuai dengan posisinya di lapangan secara tetap menempati interval horizontal (USGS, 2001). DEM biasanya diperoleh dengan cara interpolasi peta kontur digital dengan menggunakan perangkat lunak tertentu berbasis raster. Perangkat lunak yang biasanya digunakan untuk keperluan tersebut antara lain: ArcGIS, ILWIS, Idrisi, Autocadmap, dan lain-lain.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah Anda selesai mempelajari modul ini, saudara membentuk kelompok-kelompok kecil dalam kelas, lalu diskusikan berbagai hal yang ada dalam materinya. Setelah itu setiap juru bicara kelompok menyajikan hasil diskusi kelompoknya untuk diberikan tanggapan balik oleh anggota kelompok lainnya.

Anda secara individu atau kelompok harus menulis resume pembelajaran ini yang diserahkan pada waktu penutupan diklat ini.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

MENGURAIKAN INTERPRETASI FOTO UDARA

A. Tujuan

Diharapkan setelah penyajian materi ini, peserta diklat akan dapat:

1. Mengetahui dan menguraikan foto udara udara dan bagian-bagiannya
2. Mengetahui dan menghitung skala foto udara
3. Menguraikan interpretasi foto udara.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi pada pembelajaran ke 6 ini adalah peserta diklat mampu menguraikan foto udara dan bagian-bagiannya, menghitung skala foto udara dan menguraikan interpretasi foto udara.

C. Uraian Materi

1. Interpretasi Foto Udara

Sesuai dengan perkembangannya, ada beberapa definisi interpretasi foto udara yang dikenal, antara lain :

- Berdasarkan American Society of Photogrammetry (ASP) - Colwell, 1960, Interpretasi foto didefinisikan sebagai pekerjaan pencermatan (act of examining) foto udara untuk keperluan identifikasi obyek dan memperkirakan signifikansinya.
- Dalam Manual of Remote Sensing, Colwell, 1983, interpretasi foto merupakan bagian dari inderaja (remote sensing) yang mendefinisikan sebagai pengukuran (measurement) atau akuisisi (acquisition) informasi dari suatu obyek atau fenomena menggunakan alat perekam tanpa adanya kontak secara fisik dengan obyek atau fenomena yang sedang dipelajari.

Dikaitkan dengan perkembangan inderaja saat ini, istilah interpretasi foto telah diganti menjadi analisis citra (image analysis) dan interpreter foto (photo interpreter) menjadi analis citra (image analyst). Demikian pula

dengan definisinya, berubah menjadi proses pencermatan citra atau data digital oleh manusia atau mesin untuk keperluan identifikasi obyek dan memperkirakan signifikansinya. [Colwell, 1997]. Penggunaan sumber data juga menjadi lebih umum lagi dari istilah foto udara menjadi citra inderaja/ penginderaan jarak jauh (remote sensing image).

Alat-alat yang digunakan untuk mengenal citra dalam interpretasi foto udara antara lain:

- a. Alat pengamatan, yaitu alat untuk mengamati citra sehingga pembaca (interpreter) dapat mengenali obyek-obyek yang tergambar pada citra dan memberikan ulasanya. Alat pengamatan ini berupa stereoskop yang bila digunakan untuk mengamati citra foto, dapat menimbulkan kenampakan tiga dimensi. Alat pengamatan lainnya adalah berupa lensa pembesar (non stereoskop) dan meja sinar (light table).
- b. Alat pemindah detail dari foto udara ke peta (kertas gambar) yang disebut pantograph.
- c. Alat pengukuran untuk luas, yaitu planimeter dan alat pengukur tinggi, yaitu paralax meter atau stereometer.

a. Aplikasi Interpretasi Citra

Penafsiran foto udara banyak digunakan oleh berbagai disiplin ilmu dalam memperoleh informasi yang dibutuhkan. Aplikasi dalam berbagai bidang antara lain pertanian, arkeologi, teknik lingkungan, ekologi, kehutanan, geografi, geologi, meteorologi, militer, manajemen sumber daya alam, oceanografi, ilmu tanah, pertanian, perencanaan kota dan wilayah. Untuk memperoleh jenis-jenis informasi spasial diatas, dilakukan dengan teknik interpretasi foto/ citra, sedang referensi geografinya diperoleh dengan cara fotogrametri (lihat definisi fotogrametri).

Interpretasi foto/ citra dapat dilakukan dengan cara konvensional atau dengan bantuan komputer. Salah satu alat yang banyak digunakan dalam pekerjaan interpretasi konvensional adalah stereoskop dan alat pengamatan paralaks yakni tongkat paralaks atau parallax bar.

1) Stereoskop

Stereoskop adalah alat sederhana untuk mengamati pasangan foto secara stereoskopik, sedangkan parallax bar adalah alat yang digunakan bersamaan dengan stereoskop untuk mengukur parallax X (beda tinggi).

Stereoskop ialah suatu alat yang digunakan untuk dapat melihat sepasang gambar/foto secara stereoskopis. Untuk dapat melihat sepasang foto yang saling overlap secara stereoskopis tanpa bantuan perlengkapan optis, sangat dirasakan sekali kesulitannya. Hal ini disebabkan karena :

- a. Melihat sepasang foto dari jarak yang dekat akan menyebabkan ketegangan pada otot-otot mata.
- b. Mata difokuskan pada jarak yang sangat pendek ± 15 cm dari foto yang terletak diatas meja, sedangkan pada saat itu otak kita mengamati atau melihat sudut paralaktis dengan tujuan dapat membentuk stereo model pada suatu jarak atau kedalaman.

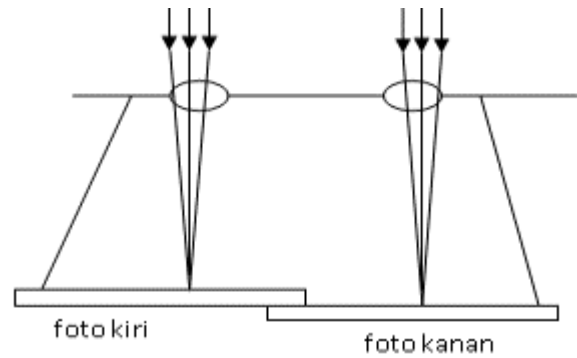
Keadaan yang demikian sangat mengacaukan pandangan stereoskop. Karena kesukaran-kesukaran itulah diperlukan suatu stereoskop untuk membantu kita dalam pengamatan.

Ada 2 jenis stereoskop, yaitu :

1. Stereoskop saku atau stereoskop lensa

Ada beberapa karakteristik alat ini yaitu:

- Lebih murah daripada stereoskop cermin
- Cukup kecil hingga dapat dimasukkan kedalam saku
- Terdiri dari susunan lensa convex yang sederhana
- Mempunyai factor perbesaran yang cukup besar
- Mudah dibawa ke lapangan
- Daerah yang dapat dilihat secara stereoskopis sangat terbatas

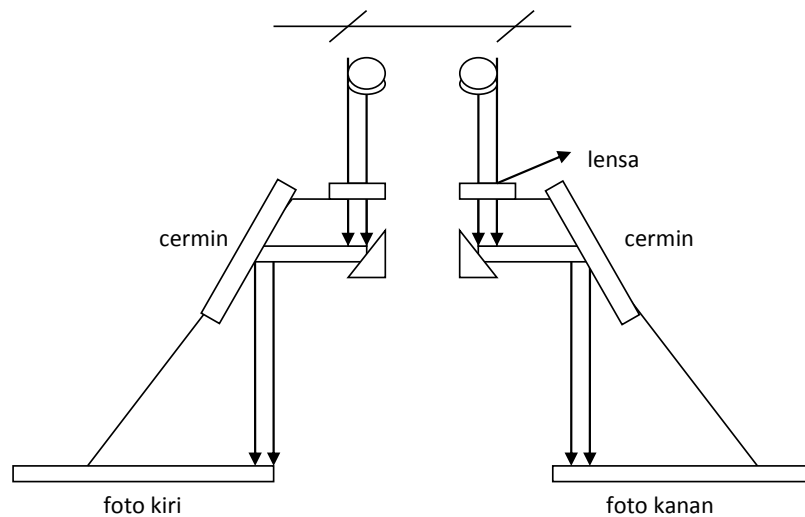


Gambar 63. Stereoskop Saku

2. Stereoskop cermin

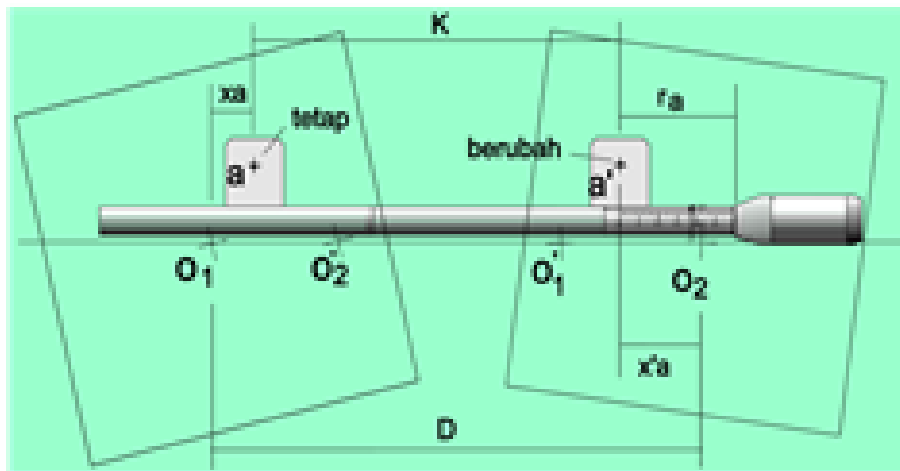
Karakteristik alat ini adalah:

- Lebih besar dari stereoskop saku
- Daerah yang dapat dilihat secara stereoskop lebih luas jika dibandingkan dengan menggunakan stereoskop lensa
- Karena bentuknya agak besar maka agak lebih sukar dibawa ke lapangan





Gambar 64. Stereoskop Cermin

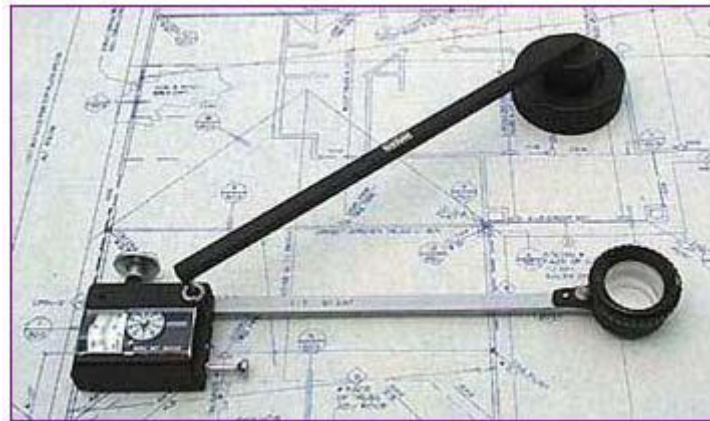


Gambar 65. Parallax Bar

2) Metode Mekanis

Salah satu cara yang digunakan untuk menghitung luas daerah yang tidak beraturan adalah dengan cara mekanis yaitu dengan alat yang dinamakan dengan planimeter. Alat planimeter diletakkan diatas peta (gambar) yang akan dihitung luasnya. Kemudian alat tersebut mentrace (mengikuti) batas wilayah yang akan diukur luasnya. Dengan konversi

tertentu, maka luas akan dapat dihitung. Ketelitian hasil sangat bergantung pada besar atau kecilnya skala peta. Semakin besar skala petanya, akan semakin teliti hasil luasannya. Ada dua jenis planimeter yaitu planimeter mekanik (manual) dan planimeter digital.

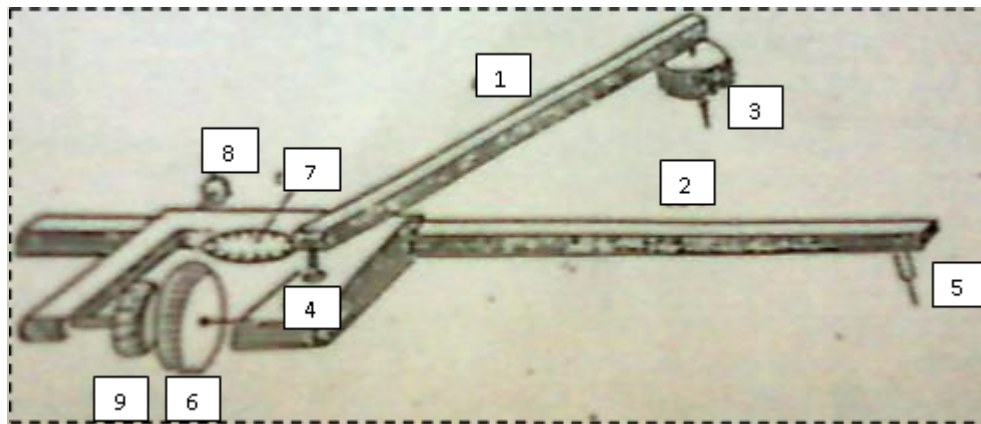


Gambar 66. Planimeter

Alat planimetri terdiri dari dari dua tangkai (batang) yang dihubungkan oleh sendi yang memungkinkan kedua tangkai tersebut bergerak bebas pada meja gambar.

Tangkai yang pertama disebut tangkai jarum tetap atau tangkai batang (kutub), dibagian ujung lain dari tangkai tetap terdapat jarum pelacak tetap yang disebut dengan kutub planimeter.

Tangkai yang kedua disebut tangkai pelacak. Pada ujung-ujung tangkai pelacak terdapat sebuah roda (roda ukur) dan jarum pelacak untuk menelusuri batas daerah yang diukur. Roda ukur dapat berputar bersamaan dengan gerakan dari jarum pelacak. Banyaknya putaran dapat dibaca pada piringan berskala yang dihubungkan dengan roda ukur.



Gambar 67. Bagian-bagian Planimeter

Keterangan :

1. Batang kutub
2. Batang pelacak
3. Kutub planimeter (tetap)
4. Sendi (engsel)
5. Jarum pelacak
6. Roda ukur berskala
7. Piringan berskala
8. Klem (untuk mengatur panjang batang pelacak)
9. Nonius

Langkah-langkah menghitung luas peta (gambar)

Langkah-langkah dalam menghitung luas peta (gambar) yaitu :

- a. Letakkan alat planimeter diatas peta (gambar) yang akan dihitung luasnya
- b. Jarum kutub planimeter ditempatkan sedemikian serupa sehingga jarum pelacak dapat menelusuri seluruh batas daerah yang akan diukur luasnya (dapat didalam atau diluar daerah yang akan diukur)
- c. Lihat titik merah pada lensa alat, kemudian tepatkan titik tersebut pada garis/ batas wilayah yang akan dicari luasannya.
- d. Tempatkan jarum pelacak mulai dari titik awal (misal x_0), yang telah ditentukan, kemudian putar roda ukur maju (searah jarum jam) atau

mundur (berlawanan arah jarum jam) melalui x1 sampai kembali ketitik awal (x0).

- e. Dengan konversi tertentu, maka luas akan dapat dihitung. Ketelitian hasil sangat bergantung pada besar atau kecilnya skala peta. Semakin besar skala petanya, akan semakin teliti hasil luasannya.

Rumus Perhitungan Planimeter

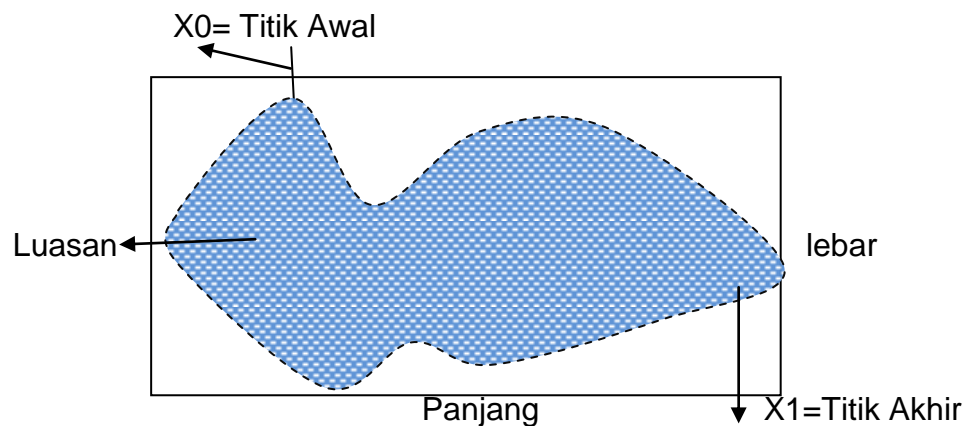
Untuk mendapatkan luasan suatu daerah permukaan bumi dipeta maka diadakan pengukuran dengan metode planimetri dari titik awal x0 sampai dengan titik akhir x1 dengan menggunakan rumus :

$$Lb = \frac{p}{\text{skala peta}} \times \frac{l}{\text{skala peta}} \dots\dots\dots(9)$$

$$La = \frac{Lx}{Ly} \times Lb \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

- La = luas yang dicari (km²)
- Lx = luas daerah dalam peta (cm²) □ diperoleh dari perhitungan menggunakan planimeter
- Ly = luas kalibrasi dalam peta (cm²) □ diperoleh dari perhitungan menggunakan planimeter
- Lb = luas kalibrasi (cm²)
- p = panjang (cm)
- l = lebar (cm)



Gambar 68. Pembanding (Daerah Kalibrasi)

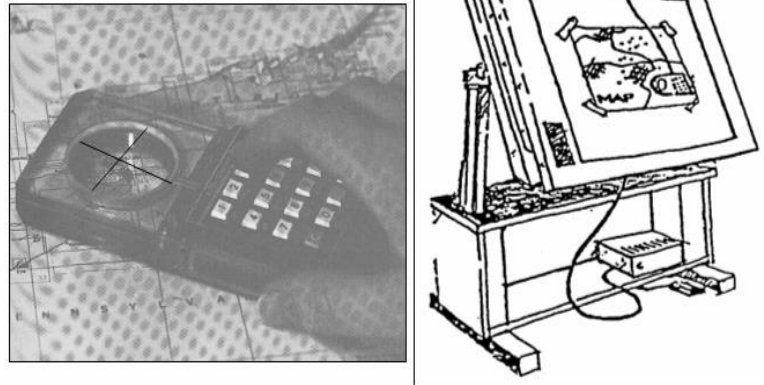
3) Metode Digitasi

Digitizing is the process of converting paper-based graphical information into a digital format (Digitasi adalah proses untuk mengubah informasi grafis yang tersedia dalam kertas ke format digital). Cara yang paling umum digunakan untuk memasukkan data dari media kertas ke digital adalah dengan menggunakan alat digitizer dan scanner. Alat digitizer mengubah ke format digital langsung ke dalam bentuk vector sedangkan scanner dalam bentuk raster. Untuk data raster hasil scanning harus diubah ke format vektor dengan on screen digitasi. Software yang sering digunakan untuk digitasi peta adalah AutoCad Map. Setelah gambar berbentuk digital dengan format *.dwg maka dengan mudah dicari luasnya dengan perintah area.

Interpretasi foto dapat dilakukan dengan dua cara yakni cara visual atau manual dan pendekatan digital atau computer assisted image interpretation. Dalam banyak hal, kedua cara pada prinsipnya sama.

Interpretrasi visual sangat tergantung dari kemampuan, ketrampilan, pengetahuan serta pengalaman seorang operator. Disiplin ilmu atau kepakaran yang dimiliki interpreter merupakan salah satu faktor subyektif yang dapat mengurangi nilai kehandalan hasil interpretasi visual. Namun demikian, cara visual sampai saat ini masih tetap dominan digunakan.

Manual digitising



Gambar 69. Metode Digitasi

Pada cara digital hal yang diupayakan antara lain agar interpretasi lebih pasti (rigorous) dengan memperlakukan data secara kuantitatif. Pendekatan cara digital mendasarkan pada nilai spektral per pixel dimana tingkat abstraksinya lebih rendah dibandingkan dengan cara manual. Sistem pakar (expert system) mulai banyak diupayakan untuk mempertinggi kemampuan abstraksinya.

Dalam pengenalan/ identifikasi obyek melalui interpretasi citra, jenis data yang dapat diturunkan antara lain :

- a. Jarak, dapat diperoleh dengan menggunakan penggaris dan skala foto/ citra
- b. Sudut, dengan menggunakan busur derajat
- c. Perkiraan arah, dengan memanfaatkan data jam pemotretan dan arah bayangan.
- d. Luas, dengan menggunakan planimeter atau cara grafis
- e. Beda tinggi dengan menggunakan paralaks bar.

Interpretasi obyek/ unsur dapat pula dilakukan berdasarkan kemampuan membedakan suatu elemen terhadap latarbelakang dan keadaan sekelilingnya.

Perbedaan dapat diukur secara spasial, spektral dan temporal :

- a. Perbedaan spasial, berkaitan dengan dimensi, lokasi, ukuran, bentuk, orientasi dan asosiasi

- b. Perbedaan spektral, berkaitan dengan respons gelombang elektro magnetik seperti derajat kehitaman (tone) dan warna
- c. Perbedaan Temporal, adalah perubahan spasial atau karakteristik spektral sebagai fungsi dari waktu secara berulang atau permanen, misal perbedaan penggunaan lahan di suatu area.

b. Ground Truthing

Dalam melakukan interpretasi suatu unsur, obyek atau fenomena digunakan sejumlah kunci dasar interpretasi atau elemen dasar interpretasi.

Suatu unsur, obyek atau fenomena dapat dikenali dengan menggunakan salah satu atau kombinasi dari beberapa kunci dasar. Kendatipun demikian, kadangkala ada sejumlah obyek atau fenomena tidak dapat dikenali secara meyakinkan atau bahkan tidak dapat dikenali sama sekali. Oleh sebab itu, diperlukan adanya tahap justifikasi lebih lanjut dengan melakukan pengecekan lapangan atau apa yang disebut sebagai ground truthing.

c. Kunci Interpretasi Citra

- 1) Derajat kehitaman (tone) dan warna (color), merupakan elemen dasar yang paling utama dan yang secara langsung digunakan.
- 2) Ukuran (size), merupakan elemen dasar yang banyak digunakan dalam membedakan dua jenis obyek dengan kenampakan yang sama, namun jenis yang berbeda.
- 3) Bentuk (shape), bentuk juga merupakan elemen dasar utama dalam pengenalan obyek.
- 4) Tinggi (height), tinggi merupakan informasi yang tidak kalah pentingnya setelah tone. Untuk membedakan dua obyek kadang kala dibutuhkan informasi tinggi bila kunci lainnya kurang pasti.
- 5) Bayangan (shadow), untuk mengenali jenis suatu obyek dari foto khususnya sekitar titik utama kadang perlu dibantuan bayangan spesifik dari obyek tersebut.

- 6) Derajat kehalusan (*texture*), kadang diperlukan dalam membedakan berbagai jenis kebun dengan melihat derajat kehalusan dari kenampakan pohon-pohon dari kebun tersebut.
- 7) Pola (*pattern*), sebagai mana dengan derajat kehalusan, pengenalan jenis kumpulan obyek dalam suatu area dapat pula dilihat dari polanya.
- 8) Tempat (*site*), kunci ini biasanya dikombinasikan dengan penggunaan kunci lain. Obyek dapat dikenali dari tempat atau lokasinya.
- 9) Keterkaitan (*association*), pengenalan obyek dapat pula dikenali dari keterkaitannya dengan unsur atau fenomena tertentu.

Derajat kehitaman (*tone*) dan warna (*color*), merupakan elemen dasar yang paling utama dan yang secara langsung digunakan. Untuk foto B&W derajat kehitaman dinyatakan dalam berbagai tingkat keabuan atau derajat keabuan, sedang pada foto berwarna dinyatakan dalam kombinasi *hue*, *intensity* dan *saturation*. Dari *tone* dapat diperoleh antara lain unsur dasar seperti garis batas dan bentuk geometri obyek. Dengan kombinasi elemen dasar lainnya dapat digunakan untuk mengenali tataguna tanah, membedakan antara jalan dan saluran, jenis perkerasan permukaan, dan unsur-unsur yang dapat dikenali dari nilai spektralnya.

Ukuran (*size*), merupakan elemen dasar yang banyak digunakan dalam membedakan dua jenis obyek dengan kenampakan yang sama, namun jenis yang berbeda. Contoh : kandang binatang dan rumah, jalan dari dua kelas yang berbeda, keduanya mempunyai bentuk yang bisa sama namun dapat dibedakan dari ukuran atau lapangan badminton dengan lapangan tenis tanpa melihat garis-garis pembatas/ hukuman, dlsb.

Bentuk (*shape*), bentuk juga merupakan elemen dasar utama dalam pengenalan obyek. Contoh : membedakan sungai (alam) dan saluran (buatan manusia) antara bentuk tidak teratur dengan teratur ; mesjid dan rumah tinggal, berkubah dan tidak ; sekolah dan bangunan lain, bentuk L

dan ada lapangan upacara didepannya sedang bangunan lain berbeda; dlsb.

Tinggi (*height*), tinggi merupakan informasi yang tidak kalah pentingnya setelah tone. Untuk membedakan dua obyek kadang kala dibutuhkan informasi tinggi bila kunci lainnya kurang pasti. Contoh : bila digunakan paralaks bar, pohon kebun atau pohon hutan industri jenis tertentu akan berkaitan dengan umur tanaman tersebut.

Bayangan (*shadow*), untuk mengenali jenis suatu obyek dari foto khususnya sekitar titik utama kadang perlu dibantuan bayangan spesifik dari obyek tersebut. Contoh : tiang listrik (*pole*), menara tegangan tinggi, kabel, jenis pohon (kelapa, misalnya), dlsb.

Derajat kehalusan (*texture*), kadang diperlukan dalam membedakan berbagai jenis kebun dengan melihat derajat kehalusan dari kenampakan pohon-pohon dari kebun tersebut. Contoh kebun kelapa sawit berbeda dengan kebun teh.

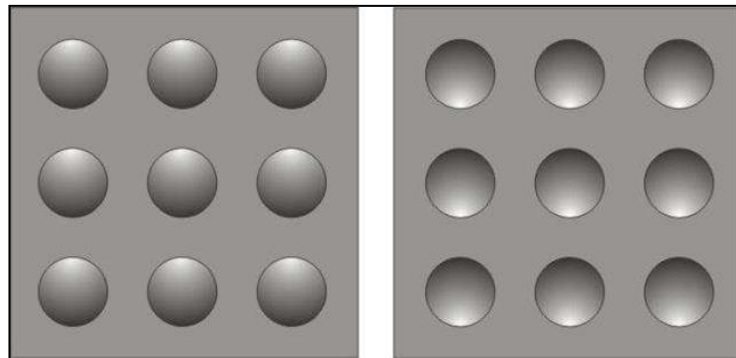
Pola (*pattern*), sebagai mana dengan derajat kehalusan, pengenalan jenis kumpulan obyek dalam suatu area dapat pula dilihat dari polanya. Contoh pengenalan pola aliran sungai seperti dendritik, radial, paralel, dlsb.

Tempat (*site*), kunci ini biasanya dikombinasikan dengan penggunaan kunci lain. Obyek dapat dikenali dari tempat atau lokasinya. Contoh bangunan dipinggir rel kereta api mempunyai kecenderungan sebagai stasiun atau bangunan kontrol sinyal; kebun teh tidak ada di daerah pantai; rumah tinggal tidak ada yang dibangun di pinggir jalan tol, dan lain sebagainya.

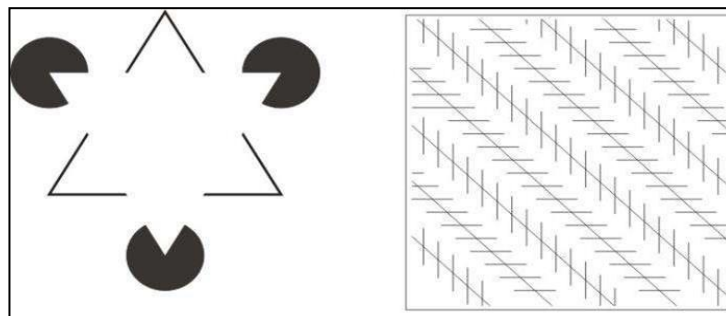
Keterkaitan (*association*), pengenalan obyek dapat pula dikenali dari keterkaitannya dengan unsur atau fenomena tertentu. Contoh kompleks bangunan yang terdiri dari bangunan yang besar, cerobong asap tinggi, timbunan batubara, conveyor, kemungkinan besar adalah instalasi pembangkit tenaga listrik.

d. Ilusi Bayangan Dalam Interpretasi Foto

Dalam melakukan interpretasi citra terkadang ilusi bayangan (tipuan penglihatan) dapat menyimpulkan kesalahan seperti yang dapat dilihat pada contoh berikut ini :

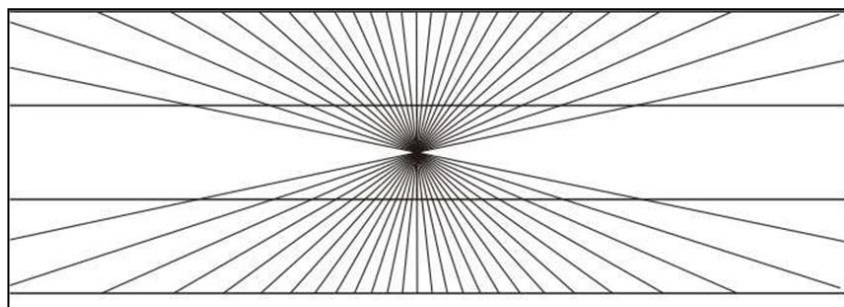


(a)

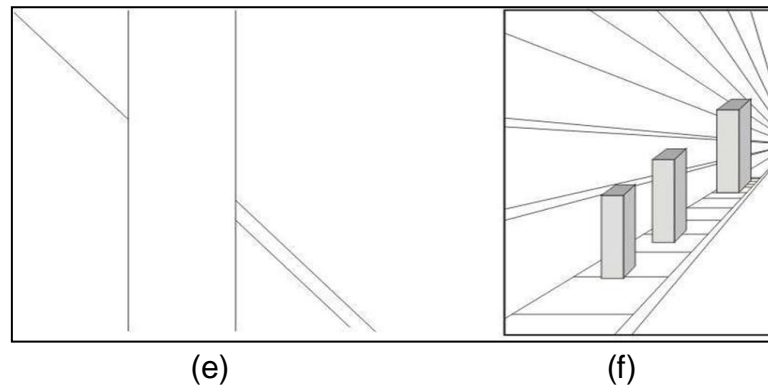


(b)

(c)



(d)



Gambar 70. Ilusi Bayangan dalam, Interpretasi Foto (a, b, c, d, e, f)

2. Foto Udara dan Bagiannya

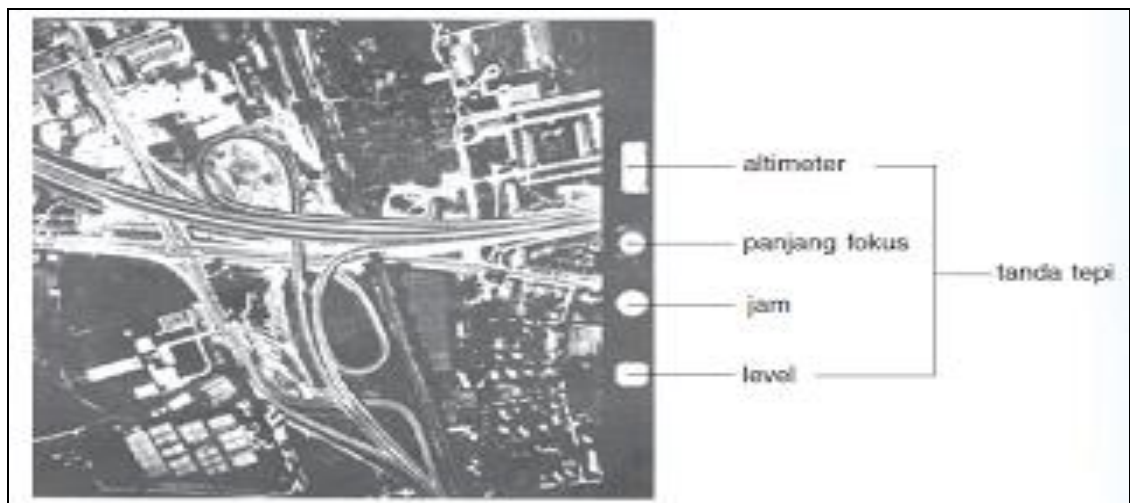
Foto udara atau peta foto adalah peta foto yang didapat dari survei udara dengan melakukan pemotretan lewat udara pada daerah tertentu dengan aturan fotogrametris tertentu. Fotogrametri adalah suatu seni, pengetahuan dan teknologi untuk memperoleh data dan informasi tentang suatu obyek serta keadaan di sekitarnya melalui suatu proses pencatatan, pengukuran dan interpretasi bayangan fotografis (hasil pemotretan). Foto udara diperoleh melalui pemotretan menggunakan sensor kamera yang dipasang pada wahana terbang, seperti pesawat terbang, helikopter, dan sebagainya. Pada saat wahana yang digunakan beroperasi, pemotretan dilakukan. Pemotretan tersebut seperti layaknya burung yang terbang dan melihat kenampakan permukaan Bumi secara tiga dimensional. Dengan menggunakan foto udara kita bisa mengenali kenampakan dan gejala-gejala yang ada di muka Bumi.



Gambar 71. Contoh Sebuah Foto Udara

a. Bagian-Bagian Foto Udara

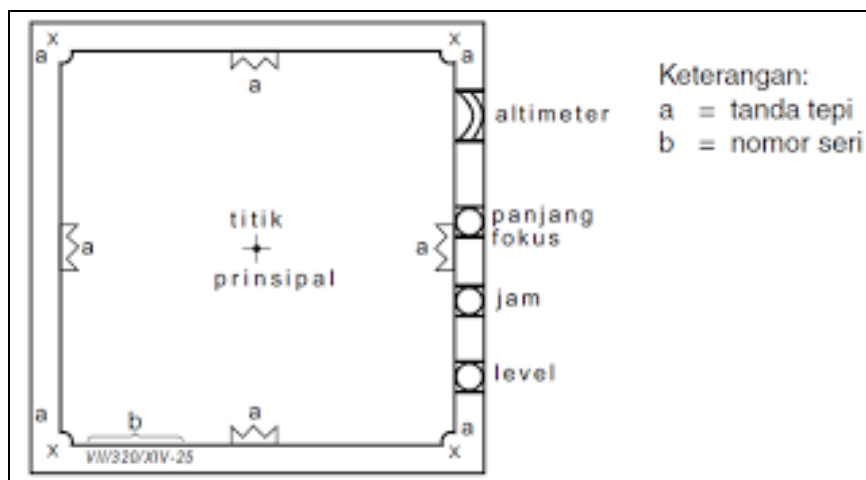
Untuk lebih mengenal bagian-bagian pada foto udara, perhatikan gambar berikut ini.



Gambar 72. Bagian-bagian foto udara

Foto udara standar pada umumnya berukuran 22 cm x 22 cm. Selain tanda tepi, pada foto udara terdapat juga kelompok keterangan penting, yaitu:

- 1) tanda fidusial,
- 2) nomor seri, dan
- 3) tanda tepi.



Gambar 73. Bagian-bagian foto udara

Keterangan tepi pada foto udara terdiri atas:

1. Tanda Fidusial

Pada tiap foto udara umumnya diberi empat atau delapan tanda fidusial. Tanda ini terletak pada sudut foto atau pada bagian tengah foto. Apabila terletak pada sudut foto, pada umumnya berupa garis silang yang mengarah ke sudut lain di hadapannya. Apabila terletak pada bagian tengah tepi foto, pada umumnya berupa setengah anak panah. Kegunaan dari tanda ini adalah untuk menentukan titik prinsipil foto, yaitu dengan cara menarik garis dari dua tanda fidusial yang berhadapan. Titik potong dari dua garis ini merupakan titik prinsipil foto. Titik prinsipil ini berguna untuk mencari daerah tampalan (tumpang tindih) pada foto udara selanjutnya.

2. Nomor Seri

Nomor seri yang lengkap umumnya terdiri atas nomor registrasi, nama daerah yang dipotret, tanggal pemotretan, nomor jalur terbang, dan nomor foto. Nomor registrasi diperlukan untuk pengarsipan dan pencarian kembali apabila ada yang memerlukan. Tanggal pemotretan menunjukkan kondisi lapangan pada saat pemotretan, seperti kondisi musim. Selain itu, juga menjadi petunjuk apabila akan menggunakan foto udara multitemporal. Nomor jalur terbang selain diperlukan dalam penyimpanan foto, juga diperlukan dalam penyusunan mozaik dan mencari pasangan foto udara yang bertampalan untuk analisis secara stereoskopik.

Contoh: VII / 320 / XVI - 25

- VII / 320 = nomer registrasi

- XVI = nomer jalur terbang

- 25 = nomer foto udara

3. Tanda Tepi

Tanda tepi terletak pada salah satu sisi foto, pada kanan atau kiri foto. Pada umumnya tanda tepi terdiri atas empat buah komponen, yaitu:

a) Altimeter

Digunakan untuk menentukan tinggi pesawat terbang di atas permukaan laut pada saat pemotretan. Ketinggian dinyatakan dengan kaki dan meter. Untuk mengetahui tinggi terbang, tinggi berdasarkan altimeter ini harus dikurangi terlebih dahulu dengan tinggi daerah rata-rata.

Contoh:

ketinggian altimeter terbaca = 9.231 m tinggi daerah yang dipotret (dapat dilihat pada peta) =

192 m maka tinggi terbang = $9.231 \text{ m} - 192 \text{ m} = 9.039 \text{ m}$

b) Panjang Fokus

Panjang fokus ini menunjukkan panjang fokus kamera dan nomor seri kamera yang digunakan.

c) Jam

Jam pemotretan ini sangat membantu untuk mengetahui orientasi atau arah utara pada foto, serta tinggi relatif objek berdasarkan arah bayangan dan panjang bayangan.

d) Level

Tanda level untuk mengetahui apakah foto udara benar-benar vertikal atau tidak.

b. Skala Foto

Merupakan pernyataan perbandingan jarak dua buah titik di foto dengan jarak sebenarnya di lapangan (di permukaan bumi).

Skala foto dapat ditulis dengan beberapa cara, yaitu:

1. Sistem pecahan

Misalnya 1/50.000, artinya jika jarak dua buah titik di peta adalah 1 satuan panjang, maka jarak sebenarnya adalah 50.000 satuan panjang.

2. Sistem perbandingan

Misalnya 1: 50.000

3. Sistem padanan unit

Misalnya 1 mm = 25 m, artinya jarak 1 milimeter di foto sama dengan 25 meter di lapangan.

Ukuran skala yang besar dapat memberikan kesan kenampakan obyek-obyek yang ada di permukaan bumi dengan lebih jelas dan rinci.

$$S = \text{Skala foto} = \text{Jarak di foto} / \text{Jarak di lapangan} \\ = d / D \dots\dots\dots(11)$$

Untuk dapat menggunakan rumus ini terlebih dahulu kita harus mampu menggunakan sistem perhitungan skala pada peta, sebab antara skala peta dan skala foto sangat berhubungan erat.

Skala peta biasanya diartikan sebagai perbandingan antara jarak di dalam peta dan jarak yang sebenarnya. Dalam foto udara, skala yang dimaksud

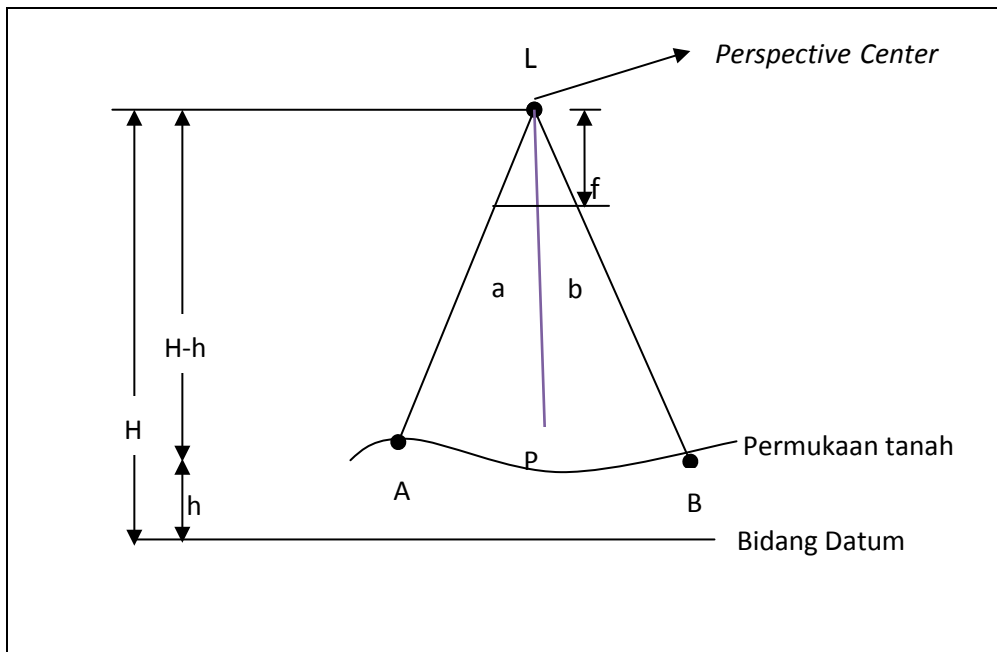
adalah merupakan perbandingan antara panjang fokus kamera(f) dengan tinggi terbang pesawat dengan bidang rata-rata tanah (H).

$$S = \frac{f}{H} \dots\dots\dots (12)$$

Skala ini hanya berlaku untuk foto udara vertikal dengan daerah yang relatif datar. Skala dapat dinyatakan dalam unit setara, dalam rangka pecahan tanpa besaran, atau dalam perbandingan tanpa besaran. Sebagai contoh, apabila 1 inci pada peta atau foto mewakili 1.000 kaki (12.000 inci) diatas tanah.

1) Skala Foto Udara Vertikal Dengan Medan Yang Tidak Datar

Apabila medan yang dipotret mempunyai ketinggian yang beraneka, maka jarak objek akan berbeda-beda pula, sebagai akibatnya maka skala didalam foto tersebut menjadi berbeda-beda pula.



Gambar 74. Kenampakan 2D foto udara

Di lihat dari gambar di atas, dari dua segitiga sebangun Lab dan LAB, dapat dinyatakan bahwa skala SAB adalah :

$$S_{AB} = \frac{ab}{AB} = \frac{L_a}{L_A} \dots\dots\dots (13)$$

Juga dari segitiga sebangun LoAA dan Loa,

$$\frac{L_a}{L_A} = \frac{f}{H-h} \dots\dots\dots (14)$$

Dengan substitusi persamaan (3) kedalam persamaan (2), yaitu:

$$S_{AB} = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{H-h} \dots \dots \dots (15)$$

2) Skala Foto Rata-rata

Skala rata-rata merupakan skala pada ketinggian rata-rata medan yang terliput oleh suatu foto udara tertentu dan dinyatakan sebagai berikut :

$$S_{rata-rata} = \frac{f}{H-h_{rata-rata}} \dots \dots \dots (16)$$

Apabila harus digunakan skala rata-rata, harus dimengerti bahwa hal itu hanya tepat pada titik-titik yang terletak pada ketinggian rata-rata saja.

3) Beberapa Cara Lain Untuk Menentukan Skala Foto Udara Tegak

Apabila beberapa cara lain yang dapat digunakan dalam menentukan skala foto.

- a. Jika diketahui jarak mendatar (AB) antara dua buah pusat perpotongan jalan diukur diatas tanah, serata garis tersebut tampak diatas foto udara tegak (ab). Sehingga skalanya dapat dihitung sebagai berikut :

$$S_{AB} = \frac{ab}{AB} = \dots \dots \dots (17)$$

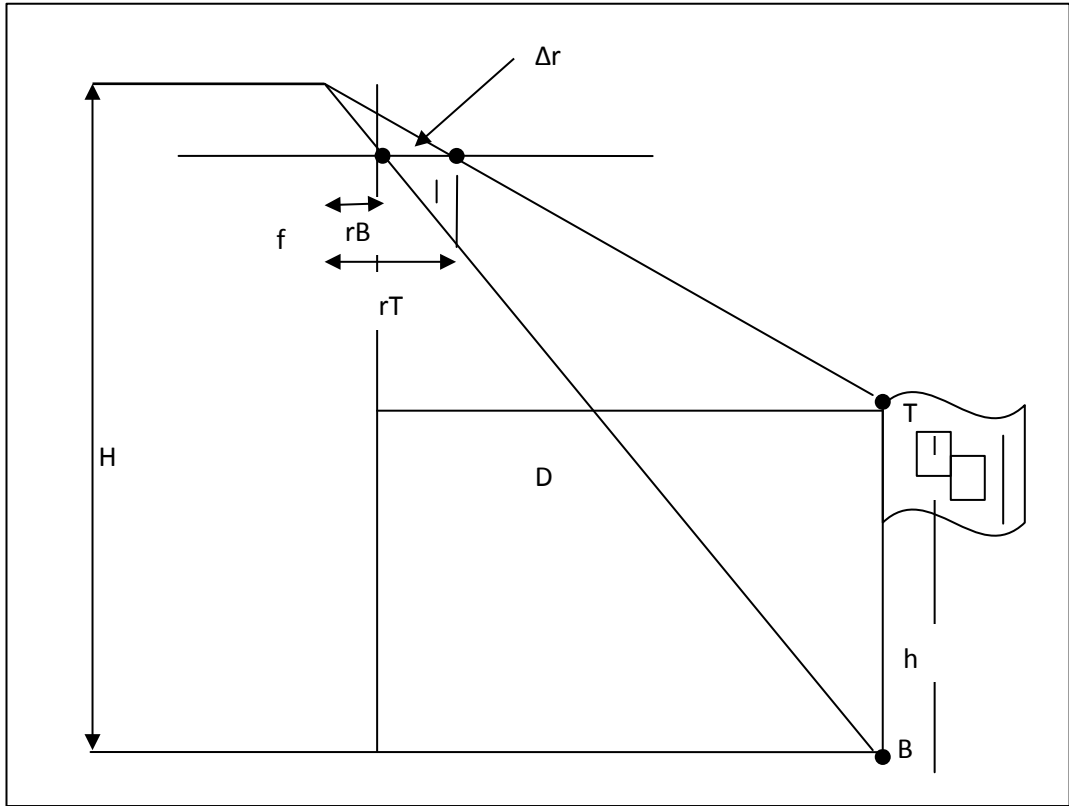
- b. Skala foto udara tegak dapat ditentukan juga apabila dapat diperoleh peta yang meliputi daerah yang sama dengan liputan foto tersebut .

$$S_{AB} = \frac{\text{jarak di atas foto}}{\text{jarak di atas peta}} \times \text{skala peta} \dots \dots \dots (18)$$

c. Relief Displacement (Perpindahan Relief)

Perpindahan letak gambar oleh relief merupakan pergeseran atau perpindahan letak suatu kedudukan gambar objek yang disebabkan karena relief, yaitu karena letak ketinggiannya di atas atau di bawah bidang datum yang dipakai.

Jarak perpindahan foto antara bagian atas dan bawah permukaan foto itulah yang disebut *relief displacement*, yang berhubungan dengan tinggi permukaan dan jarak dari titik nadir (titik tengah kamera), dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 75. Relief Displacement

Keterangan Gambar : H = Tinggi terbang h = Tinggi objek

B = Bidang datum

D = Jarak T = Puncak objek f = Fokus r_B, r_T = Jari-jari lingkaran dari jarak foto

Dapat juga ditulis dua pernyataan untuk hubungan jarak D, jari-jari lingkaran (radial) foto r_B dan r_T . Fokus f, yaitu :

$$\frac{r_B}{D} = \frac{f}{H}$$

$$D = \frac{H r_B}{f} \dots \dots \dots (18)$$

$$\frac{r_T}{D} = \frac{f}{H - h}$$

$$D = \frac{r_T (H - h)}{f}$$

Kedua persamaan diatas akan menghasilkan persamaan baru,menjadi :

$$D = \frac{Hr_B}{f} = \frac{r_T(H - h)}{f}$$

$$Hr_T - hr_T - Hr_B = 0$$

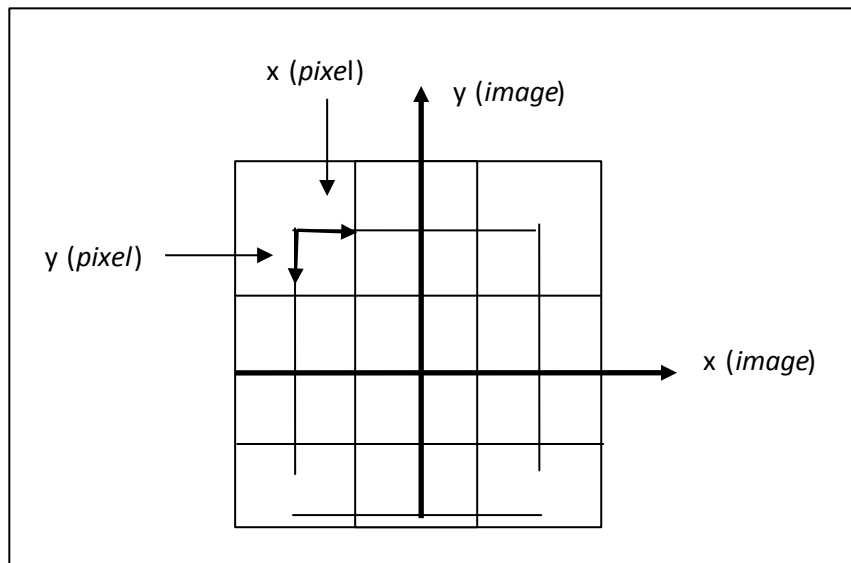
$$H(r_T - r_B) = hr_T$$

$$\frac{H\Delta r}{r_T} = h \dots \dots \dots (19)$$

3. Pembacaan Dan Konversi Koordinat Foto

a. Konversi Koordinat *Pixel* ke Koordinat Foto

Gambar sistem koordinat ini dipusatkan pada gambar asal koordinat *pixel* pada bagian kanan atas, puncak *pixel* dengan + y' kea rah bawah.



Gambar 76. Koordinat Foto dan Koordinat *Pixel*

Dan persamaan yang digunakan adalah

$$x = (x' - x'_c) \times xPixelSize \dots \dots \dots (20)$$

$$y = (y'_c - y') \times yPixelSize \dots \dots \dots (21)$$

Dimana :

$$x'_c = \left(\frac{ix'}{2}\right) - 0.5$$

$$y'_c = \left(\frac{iy'}{2}\right) - 0.5$$

- Susunan *Charge Coupled Device* (CCD camera) memiliki nx' kolom dan ny' baris
- Setengah *pixel* dikurangi dari x' dan y' untuk aslinya dipindah ke kanan atas.

b. Konversi Koordinat Foto Ke Koordinat *Pixel*

Persamaan yang digunakan adalah :

$$X_{pixel} = \left(\frac{X_{image}}{X_{pixel}}\right) + x'_c \dots\dots\dots(22)$$

$$Y_{pixel} = \left(\frac{Y_{image}}{Y_{pixel}}\right) - y'_c \dots\dots\dots(23)$$

D. Aktivitas Pembelajaran

Dalam pembelajaran ini peserta diklat diharuskan mengikuti prosedur sebagai berikut:

1. Pahami tujuan pembelajaran dengan seksama.
2. Bacalah materi secara runtut dan temukan jawaban atas pertanyaan-pertanyaan yang ada dalam tujuan pembelajaran tersebut.
3. Berhentilah sejenak pada point-point penting yang merupakan jawaban yang disebutkan dalam tujuan, lakukan berbagai tindakan yang memungkinkan anda memahaminya dengan baik, termasuk menanyakannya kepada instruktur.
4. Tutuplah buku Anda, lalu cobalah menjawab pertanyaan yang ada pada tujuan tersebut.
5. Jika jawaban Anda kurang memuaskan, lakukan pengulangan.

Aktivitas pembelajaran meliputi kegiatan:

- Studi literatur
- Diskusi dan Pemaparan/Presentasi

LK 2.01 Kegiatan Studi Literatur

No	Kegiatan	Hasil Diskusi/Pemahaman	Sumber/Studi Literatur
1	<p>Interpretasi foto udara</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jelaskan alat-alat yang digunakan untuk mengenal citra dalam interpretasi foto udara • Uraikan metode yang digunakan dalam interpretasi foto udara 		
2	<p>Aplikasi interpretasi citra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jelaskan karakteristik dua jenis alat stereoskop • Jelaskan fungsi parallax bar • Planimeter digunakan untuk pengukuran luas tak beraturan secara mekanis, jelaskan cara kerjanya • Pada cara digital hal apa yang harus diupayakan agar interpretasi lebih pasti (rigorous) 		
3	<p>Ground trothing</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apa yang harus dilakukan agar objek dapat dikenali secara meyakinkan 		
4	<p>Kunci Interpretasi citra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hal-hal apa saja yang berkaitan dengan kunci interpretasi citra, jelaskan secara detail 		
5	<p>Foto udara dan bagiannya</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sebutkan bagian-bagian dari foto udara 		

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Lakukan langkah-langkah pembelajaran sebagaimana dijelaskan di atas.
2. Diskusikanlah secara berkelompok topik-topik yang berkaitan dengan interpretasi foto udara. Kemudian presentasikan di depan kelas, sehingga ditanggapi oleh teman-teman Anda (buat kelompok dalam anggota terbatas).
3. Pada sebuah peta topografi yang berskala 1 : 25.000, jarak kota A dan B adalah 55,3 mm, sedangkan pada foto udara jarak kota A dan B adalah 106,5 mm. Hitung skala foto tersebut.
4. Pada pesawat yang terbang dengan ketinggian sekitar 2.000 meter terpasang kamera dengan panjang jarak focus 20 cm, maka foto-foto yang berhasil dibuat akan memiliki skala.....
5. Suatu foto udara tegak hasil pemotretan diatas medan datar yang menggunakan kamera dengan panjang fokus sebesar 6 inci (152,4 mm) pada ketinggian terbang 6.000 kaki dari atas tanah. Berapa besarnya skala foto tersebut?
6. Tinggi terbang dari atas gedung diketahui 500 m dari foto vertikal. Jika ukuran foto gedung adalah $\Delta r = 4$ mm, dan $r_T = 75$ mm. Berapakah tinggi gedung tersebut ?

F. Rangkuman

Foto udara atau peta foto adalah peta foto yang didapat dari survei udara dengan melakukan pemotretan lewat udara pada daerah tertentu dengan aturan fotogrametris tertentu. Fotogrametri adalah suatu seni, pengetahuan dan teknologi untuk memperoleh data dan informasi tentang suatu obyek serta keadaan di sekitarnya melalui suatu proses pencatatan, pengukuran dan interpretasi bayangan fotografis (hasil pemotretan). Foto udara diperoleh melalui pemotretan menggunakan sensor kamera yang

dipasang pada wahana terbang, seperti balon udara, pesawat terbang, helikopter, pesawat tak berawak (uav) dan sebagainya. Pada saat wahana yang digunakan beroperasi, pemotretan dilakukan.

Interpretasi foto dapat dilakukan dengan dua cara yakni cara visual atau manual dan pendekatan digital atau computer assisted image interpretation. Dalam banyak hal, kedua cara pada prinsipnya sama.

Interpretrasi visual sangat tergantung dari kemampuan, ketrampilan, pengetahuan serta pengalaman seorang operator. Disiplin ilmu atau kepakaran yang dimiliki interpreter merupakan salah satu faktor subyektif yang dapat mengurangi nilai kehandalan hasil interpretasi visual. Namun demikian, cara visual sampai saat ini masih tetap dominan digunakan.

Pada cara digital hal yang diupayakan antara lain agar interpretasi lebih pasti (rigorous) dengan memperlakukan data secara kuantitatif. Pendekatan cara digital mendasarkan pada nilai spektral per pixel dimana tingkat abstraksinya lebih rendah dibandingkan dengan cara manual. Sistem pakar (expert system) mulai banyak diupayakan untuk mempertinggi kemampuan abstraksinya.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah Anda selesai mempelajari modul ini, saudara membentuk kelompok-kelompok kecil dalam kelas, lalu diskusikan berbagai hal yang ada dalam materinya. Setelah itu setiap juru bicara kelompok menyajikan hasil diskusi kelompoknya untuk diberikan tanggapan balik oleh anggota kelompok lainnya.

Anda secara individu atau kelompok harus menulis resume pembelajaran ini yang diserahkan pada waktu penutupan diklat ini.

KUNCI JAWABAN

BAB 3

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

1. Terdapat dua jenis data untuk mendukung SIG yaitu Data Spasial (keruangan) dan Data Non Spasial (Atribut/Deskripsi). Data spasial adalah data yang bereferensi geografis atas representasi obyek di bumi. Data spasial pada umumnya berdasarkan peta yang berisikan interpretasi dan proyeksi seluruh fenomena yang berada di bumi. Fenomena tersebut berupa fenomena alamiah dan buatan manusia. Sedangkan data non spasial atau data atribut adalah data berbentuk tabel dimana tabel tersebut berisi informasi-informasi yang dimiliki oleh obyek dalam data spasial seperti : anotasi, tabel, hasil pengukuran, kategori obyek, penjelasan hasil analisis/prediksi dan lain sebagainya.

2. Bentuk-bentuk data spasial terbagi 3, yaitu:
 - a. Titik (dot)

Sebuah titik dapat menggambarkan objek geografi yang berbeda-beda menurut skalanya. Sebuah titik menggambarkan kota jika pada peta skala kecil, tetapi menggambarkan objek tertentu yang lebih spesifik dalam wilayah kota.
 - b. Garis (*polyline*)

Sebuah garis juga dapat menggambarkan objek geografi yang berbeda-beda menurut skalanya. Sebuah garis menggambarkan jalan atau sungai pada peta skala kecil, tetapi mungkin dapat menggambarkan batas wilayah administratif pada peta skala besar.

c. Area (*polygon*)

Seperti halnya titik dan garis, area juga dapat menggambarkan objek yang berbeda menurut skalanya. Area dapat menggambarkan wilayah hutan atau sawah pada peta skala besar.

3. Data vektor adalah data yang terdiri dari titik-titik node yang memberikan lokasi koordinat. Data vektor merupakan bentuk bumi yang direpresentasikan ke dalam kumpulan garis, area (daerah yang dibatasi oleh garis yang berawal dan berakhir pada titik yang sama), titik dan *node* (merupakan titik perpotongan antara dua buah garis). Sedangkan Data raster (atau disebut juga dengan sel grid) adalah data yang dihasilkan dari sistem penginderaan jauh. Pada data raster, obyek geografis direpresentasikan sebagai struktur sel grid yang disebut dengan pixel (*picture element*).

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

1. Sumber data spasial meliputi peta analog, data sistem penginderaan jauh, data hasil pengukuran lapangan (terestris), dan data GPS (Global Positioning System). Sementara sumber data non spasial yang berupa tabel-tabel data sekunder yang bersumber dari instansi yang terkait semisal data penduduk yang didapat dari Badan Pusat Statistik (BPS), data iklim yang didapat dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), data jalan dari PU dan sebagainya. Semua data ini didapat dengan melakukan koordinasi dengan pihak-pihak terkait sesuai dengan tema SIG yang direncanakan.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

Tugas masing-masing peserta dipresentasikan di depan kelas.

BAB 4

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

1. Jenis data yang diperoleh dari foto udara terdiri dari dua macam data yaitu data kuantitatif dan data kualitatif.
2. Data kualitatif langsung adalah data yang diperoleh secara langsung dari apa yang terlihat di foto udara misalnya : sawah, sungai, jalan dan lain-lain. Data Kualitatif tidak langsung artinya adalah data yang diperoleh dari foto secara tidak langsung tetapi berkaitan erat dengan data yang terlihat di foto udara. Misalnya : dari jenis tanaman yang tumbuh dapat ditentukan jenis tanahnya, dari pola aliran sungai yang ada dapat ditentukan jenis batuan yang ada.
3. Manfaat peta dari pemetaan fotogrametri dapat digunakan untuk pembuatan peta pendaftaran dan sertifikasi tanah, pengurusan IMB, perencanaan jalan, perencanaan irigasi dan lain-lain.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

Tugas masing-masing dipresentasikan di depan kelas

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

1. Jawaban No. 3

Jarak AB di peta = 55,3 mm, maka jarak AB sebenarnya (di lapangan) adalah:

$$1 : 25.000 = 55,3 : AB$$

$$AB = (25.000 \times 55,3) / 1$$

$$= 1.382.500 \text{ mm atau } 1.382,5 \text{ m.}$$

Sedangkan jarak AB di foto = 106,5 mm, maka skala foto adalah...

$$S = d / D$$

$$= 106,5 / 1.382.500$$

$$= 1 / 12.981,22$$

= atau 1: 12.981,22 atau 1: 12.981

Petunjuk perhitungan:

Karena skala menunjukkan perbandingan satu banding ..., maka 106,5 : 106,5 = 1, selanjutnya 1.382,500 juga dibagi 106,5 = 12.981,22, Sehingga hasilnya 1 : 12.981,22

2. Jawaban No. 4

$$S = 20 \text{ cm} / 2.000 \text{ m}$$

$$= 20 \text{ cm} / 200.000 \text{ cm}$$

$$= 1 / 10.000 \text{ atau } 1 : 10.000$$

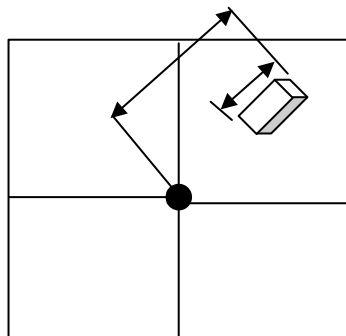
Petunjuk perhitungan:

Karena skala menunjukkan satu banding..., maka 20 : 20 = 1, selanjutnya 200.000 : 20 = 10.000, sehingga 1 : 10.000.

3. Jawaban No. 5

$$s = \frac{f}{H} = \frac{6 \text{ inci}}{6.000 \text{ kaki}} = \frac{1 \text{ inci}}{1.000 \text{ kaki}} = \frac{1}{12.000} = 1 : 12.000$$

4. Jawaban No. 6



$$h = H \frac{\Delta r}{r_T} = 500m \frac{4mm}{75mm} = 26.7 \text{ m}$$

EVALUASI

LINGKARI JAWABAN YANG BENAR

BAB 3

1. Berikut ini adalah jenis data dasar yang sangat mendukung aplikasi GIS
 - a. Data Spasial
 - b. Data Sekunder
 - c. Data Non Spasial
 - d. Jawaban a dan c benar
2. Yang termasuk bentuk-bentuk data spasial meliputi
 - a. Titik
 - b. Garis
 - c. Area
 - d. Jawaban a, b dan c benar
3. Pengertian data vektor adalah
 - a. data sekunder
 - b. data yang didapat dari survei lapangan
 - c. data yang terdiri dari titik-titik node yang memberikan lokasi koordinat.
 - d. Jawaban a, b dan c benar
4. Pengertian data raster adalah
 - a. data yang dihasilkan dari sistem penginderaan jauh
 - b. data objek geografis dari lapangan
 - c. data yang terdiri dari titik-titik node yang memberikan lokasi koordinat.
 - d. Jawaban a dan c benar

BAB 4

1. Jenis data yang diperoleh dari foto udara terdiri dari:
 - a. Data kualitatif
 - b. Data kuantitatif
 - c. Data Non Spasial
 - d. Jawaban a dan b benar

2. Data kualitatif langsung dan kualitatif tidak berlangsung perbedaannya adalah:
 - a. data yang diperoleh secara langsung dari apa yang terlihat di foto udara
 - b. data yang diperoleh langsung dari lapangan
 - c. data dari survei primer
 - d. semua benar
3. Manfaat peta dari pekerjaan fotogrametri antara lain:
 - a. pembuatan peta dan pendaftaran sertifikasi tanah
 - b. perencanaan tata ruang wilayah
 - c. perencanaan jalur jalan kereta api
 - d. semua benar
4. Interpretasi foto dapat dilakukan dengan dua cara yakni cara visual atau manual dan pendekatan digital atau computer assisted image interpretation. Apa yang dimaksud dengan pendekatan digital:
 - a. Interpretasi dengan menggunakan perangkat lunak komputer khusus
 - b. Interpretasi menggunakan alat terintegrasi dengan kamera
 - c. Interpretasi biasa
 - d. semua benar

PENUTUP

Penyusunan MODUL GURU PEMBELAJAR PAKET KEAHLIAN GEOMATIKA KELOMPOK KOMPETENSI G ini merupakan kelanjutan dari rangkaian penyusunan Modul Geomatika secara berkesinambungan.

Diharapkan dari hasil penyusunan ini dapat menjadi bahan pembelajaran bagi para pengajar Sekolah Menengah Kejuruan khususnya yang berkecimpung di bidang Geomatika.

Kami menyadari masih belum sempurnanya isi yang terdapat dalam modul ini, sehingga kepada guru maupun peserta diklat diharapkan agar dapat melengkapi, memperkaya dan memperdalam pemahaman dan penguasaan materi untuk topik yang sama dengan membaca referensi lainnya yang terkait. Kritik dan saran membangun bagi penyempurnaan modul ini sangat diharapkan dari semua pihak.

Kami sangat berapresiasi kepada semua pihak yang telah memberi kesempatan bagi kami untuk menyusun modul ini.

DAFTAR PUSTAKA

Azhari Lukman, dkk. 2012. DGA Desktop GIS Starter with ArcGIS: Modul Pelatihan ArcGIS Tingkat Dasar. ComLabs-ITB. Bandung.

Budianto, Eko. 2010. Sistem Informasi Geografis dengan Arc View GIS. Yogyakarta : Andi Offset.

Hadi, B.S., 2007. Dasar-dasar Fotogrametri. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Ilmu Sosial dan Ekonomi Universitas Negeri Yogyakarta.

Gunadi, 1996. *Lecture Note Guide on Fotogrammetry*. Yogyakarta: Gadjah Mada University-Bakosurtanal-TCDC Course Programme Integrated Use of Remote Sensing and GIS for Landuse Mapping.

Kubik, D.L. and Greenwood, J.A. (2006). Development of Photogrammetry of Stress Analysis and Quality Control.

Ligterink, G.H., 1987. *Dasar-dasar Fotogrametri Interpretasi Foto Udara*. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia (UI Press).

Lillesand, Thomas M. and Ralph W. Kiefer. 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation Third Edition*. New York : John Wiley & Sons.

Kusrini. 2007. Konsep dan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan. Yogyakarta: Andi Offset

Madani, Mostafa. 2006. *Integrating Integrated Digital Photogrammetry System*. Huntsville: Intergraph Corporation

Nuarsa IW. 2005. Belajar Sendiri Menganalisis Data Spasial dengan Software GIS GIS 3.3 Untuk Pemula. Jakarta: PT. Alex Media Computindo

Nur Awaluddin. 2010. Geographical Information System with ArcGIS 9.x : Principles, Techniques, Application, and Management. Yogyakarta: Andi Offset

Paine, David P., 1993. *Fotografi Udara dan Penafsiran Citra Untuk Pengelolaan Sumberdaya Edisi ke-2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. Terjemahan Imam Abdurahman. Buku Asli : Aerial Photography and Image Interpretation For Resource Management, John Wiley & Sons.

Prahasta, Eddy. 2005. Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis. Bandung; CV. Informatika

Sri Hardiyanti, F. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta: Grasindo

Strynatka, Ryan. 2007. Photogrammetric Workflows: Traditional, Digital and the Future. Diakses dari www.ebdb.net/details.aspx?id=ded11c11-6d7d-4c4f
<http://www.ebdb.net/details.aspx?id=ded11c11-6d7d-4c4f-9a87-d9b0f8d35380&r=short&refp=633&s=digital+photo-grammetry%3A+A+practical+course>

Sutanto, 1994. *Penginderaan Jauh Jilid 1. Cetakan ke-2*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

_____, 1994. *Penginderaan Jauh Jilid 2. Cetakan ke-2*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Tao, C.V. (2002). Digital Photogrammetry The Future of Spatial Data Collection. <http://geoplance.com/gw/2002/0205/0205dp.asp>. diakses 10 Juni 2004

Tate, Eric. 1998. Photogrammetry Application in Digital Terrain Modelling and Floodplain Mapping. Diakses dari www.usgs.gov/research/gis/title.html

USGS, 2001. Digital Elevation Models. Dalam http://rockyweb.cr.usgs.gov/elevation/dpi_dem.html

Wijaya, H. M., 2013. Modul Pengantar Fotogrametri. Malang: Jurusan Teknik Geodesi S-1 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional.

Wolf, Paul R., 1993. *Elemen Fotogrametri*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. Terjemahan. Buku asli diterbitkan tahun 1983.

<http://id.wikipedia.org/wiki/Fotogrametri> diakses 21 Desember 2016

_____, 2007. Modul Pelatihan ArcGIS Tingkat Dasar. Banda Aceh: GIS Konsorsium Aceh - Nias 2007.