

1 Pendahuluan

1.1. Pengertian SIG

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah seperangkat alat berbasis komputer yang memungkinkan untuk mengolah data spasial dan non-spasial menjadi informasi yang berkaitan tentang muka bumi serta digunakan untuk pengumpulan, penyimpanan, manipulasi, menganalisa dan menampilkan data yang selanjutnya dipakai sebagai bahan untuk mengambil keputusan/kebijaksanaan.

Sistem Informasi Geografis terdiri atas lima komponen dasar, yaitu data, perangkat lunak (software), perangkat keras (hardware), sumberdaya manusia dan pengguna SIG. Data merupakan komponen utama yang akan diproses dengan menggunakan SIG. Perangkat lunak merupakan komponen untuk mengintegrasikan berbagai macam data masukan, yang akan diproses dalam SIG. Perangkat keras berupa komputer, digitizer, scanner, plotter, monitor dan printer. Sumberdaya manusia merupakan pengguna sistem, mengoperasikan perangkat lunak dan perangkat keras, serta menganalisis data sesuai dengan kebutuhan.

Didalam Sistem Informasi Geografis data pada dasarnya terdiri dari 2 dimensi data, yaitu: data geografis (spasial dimensi) dan data atribut (non spasial dimensi). Pada prinsipnya data didalam geografis dalam SIG relatif kompleks, oleh karena itu harus mengandung unsur informasi topology (keterkaitan antara elemen-elemen geografi) dan atribut dari data tersebut. Dengan demikian Sistem Informasi Geografis merupakan **penggabungan data spasial dan data atribut** yang ditampilkan secara bersama-sama, sehingga memberikan kemudahan dalam melakukan analisa.

1.2. Beberapa Definisi SIG?

1. Sistem informasi geografis adalah sistem berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi geografis (Aronoff, 1991)
2. Sistem informasi geografis adalah suatu sistem komputer yang mampu menangani dan menggunakan data yang menggambarkan suatu tempat di atas permukaan bumi (ESRI, 1995)
3. Sistem informasi geografis adalah beberapa macam program aplikasi yang dapat dijalankan di PCs atau Workstation yang dapat menyimpan, menganalisis dan menampilkan informasi geografis dalam banyak layer (Lang, 1998)
4. Sistem informasi geografis adalah sebuah sistem komputer yang dapat menyimpan dan menggunakan data yang menggambarkan lokasi-lokasi pada permukaan bumi (Rhind, 1989).
5. Sistem informasi geografis adalah sekumpulan peralatan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengambil, mentransformasi dan menampilkan data spasial (keruangan) dari dunia nyata untuk tujuan tertentu (Burrough, 1986).
6. Sistem Informasi Geografi adalah kumpulan yang terorganisir dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografi dan personil yang di-disain untuk memperoleh, menyimpan, memperbaiki, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan semua

bentuk informasi yang bereferensi geografi yang selanjutnya dipakai untuk pengambilan keputusan/kebijakan.

Dari banyak definisi dan deskripsi tentang SIG dapat disimpulkan beberapa kemampuan SIG seperti berikut:

- a. Collection: mengumpulkan data dari beberapa sumber menjadi data berbasis SIG. misal data peta dengan menggunakan digitizer diubah menjadi peta digital.
- b. Storage: penyimpanan data dan informasi
- c. Manage of data: mengelola data dan memelihara data serta mengintegrasikan data dari berbagai jenis data
- d. Retrieval: menseleksi dan menampilkan data dengan berbagai cara
- e. Analysis: melakukan manipulasi data untuk menghasilkan informasi baru
- f. Modelling: Pemodelan untuk analisis.
- g. Display: mempresentasikan data dan informasi dengan berbagai variasi dan mempermudah dalam memahami kandungan informasinya.

1.3. Mengapa menggunakan SIG?

SIG diartikan sebagai suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk menangkap, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa, dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis.

Informasi spasial memakai lokasi, dalam suatu sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya. Karenanya SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisa dan akhirnya memetakan hasilnya. Aplikasi SIG menjawab beberapa pertanyaan seperti: lokasi, kondisi, trend, pola, dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dari sistem informasi lainnya. Dilihat dari definisinya, SIG adalah suatu sistem yang terdiri dari berbagai komponen yang tidak dapat berdiri sendiri-sendiri.

Memiliki perangkat keras komputer beserta dengan perangkat lunaknya belum berarti bahwa kita sudah memiliki SIG apabila data geografis dan sumberdaya manusia yang mengoperasikannya belum ada. Sebagaimana sistem komputer pada umumnya, SIG hanyalah sebuah 'alat' yang mempunyai kemampuan khusus. Kemampuan sumberdaya manusia untuk memformulasikan persoalan dan menganalisa hasil akhir sangat berperan dalam keberhasilan sistem SIG. Lima pertanyaan mendasar yang dapat dijawab oleh SIG:

1. Location (Tempat)
2. Condition (Kondisi)
3. Trends (Kecenderungan)
4. Patterns (Pola)
5. Modeling (Pemodelan)

1. Location (tempat): Apa dan dimana?

- a. Dimana lokasi yang tepat,
- b. Apa nama tempatnya,
- c. Jalan apa, nomor berapa dan
- d. Secara geografis berada pada posisi berapa (koordinat)?

2. Condition (kondisi): Dimana dan bagaimana?

- a. Mencari tempat untuk keperluan tertentu

- b. Dimana lokasi yang tepat untuk membangun bendungan yang baru.
- c. Dimana lokasi yang baik untuk tambak udang.
- d. Dimana lokasi yang tepat untuk Pelabuhan ikan yang jaraknya < 10 Km dari pusat kota.

3. Trends (kecenderungan): Apa yang berubah dan kapan?

- a. Ketika seorang user (pengguna) bermaksud mengetahui apa yang telah berubah dalam satu kurun waktu
- b. Bagaimana bentuk dan perkembangan kota Bogor dari tahun 1980 sampai sekarang ?
- c. Bagaimana bentuk dan perkembangan Delta Citarum selama lima tahun terakhir?
- d. Bagaimana perubahan penggunaan lahan di Teluk Naga?

4. Patterns (pola) : Bentuk Spasial yang bagaimana ?

- a. Kegunaan GIS yang lebih canggih
- b. Melakukan pencarian berdasarkan keadaan/pola spasial
- c. Mencari areal pemukiman yang rawan banjir di Jakarta
- d. Klasifikasi daerah rawan longsor di Jawa Barat
- e. Klasifikasi lahan kritis di gunung Salak

5. Modeling (pemodelan): Bagaimana Jika?

- a. Ini merupakan jenis pertanyaan yang digunakan untuk menentukan apa yang terjadi jika suatu peristiwa tertentu terus berlangsung
- b. Apa yang terjadi jika dikawasan puncak hujan turun terus menerus?
- c. Apa yang terjadi jika hutan bakau mangrove di Jakarta Utara habis ?

1.4. Apa yang membedakan SIG dengan sistem Informasi lain?

SIG dapat melaksanakan analisa spasial, sedangkan sistem informasi lainnya tidak. Analisa spasial dengan gabungan data atribut dapat memberikan keterangan mengenai apa yang akan, sedang dan telah terjadi pada dunia kita sehari-hari. Contoh:

- a. Rata-rata jumlah penduduk yang bekerja → tidak melakukan spasial query (bukan SIG)
- b. Berapa banyak orang yang bekerja pada radius 200 KM dari Bogor → melakukan spasial query (SIG)

Sumber informasi geografi selalu mengalami perubahan dari waktu ke waktu (bersifat dinamis), sejalan dengan perubahan gejala alam dan gejala sosial. Dalam geografi, informasi yang diperlukan harus memiliki ciri-ciri yang dimiliki ilmu lain, yaitu:

- a. Merupakan pengetahuan (knowledge) hasil pengalaman.
- b. Tersusun secara sistematis, artinya merupakan satu kesatuan yang tersusun secara berurutan dan teratur.
- c. Logis, artinya masuk akal dan menunjukkan sebab akibat.
- d. Objektif, artinya berlaku umum dan mempunyai sasaran yang jelas dan teruji.

Selain memiliki ciri-ciri tersebut di atas, geografi juga harus menunjukkan ciri spasial (keruangan) dan regional (kewilayahan). Aspek spasial dan regional merupakan ciri khas geografi, yang membedakannya dengan ilmu-ilmu lain.

Dari Uraian diatas bahwa sesungguhnya ada beberapa catatan yang penting berhubungan dengan SIG, yaitu mengapa SIG semakin banyak digunakan untuk melakukan analisa spasial dan non-spasial:

- a. Teknologi SIG dapat menggabungkan data spasial dengan spasial lain di dalam satu sistem. Sistem ini menawarkan suatu kerangka yang konsisten untuk analisa geografi menurut pandangan yang diinginkan dan menggambarkan sesuai dengan tujuan tertentu.
- b. Dengan menggabungkan spasial dengan non-spasial (attribut) dalam bentuk digital SIG mampu menampilkan dengan cara yang lebih menarik (Integrasi dengan multimedia), atau juga untuk menghitung informasi yang baru.
- c. SIG dapat mengidentifikasi hubungan spasial diantara unsur-unsur peta (jarak, luas dll)

Adapun produk-produk atau informasi yang bisa dihasilkan dari analisa SIG sebagai berikut:

- a. **Lokasi (What is at...?)**, pertanyaan pertama adalah mencari apa yang terdapat pada lokasi tertentu. Lokasi dapat dijelaskan dengan menggunakan banyak cara, sebagai contoh nama tempat, kode pos, referensi koordinat dll.
- b. **Kondisi (Where is it...?)**, pertanyaan kedua adalah kebalikan dari pertama dan memerlukan analisa spasial untuk menjawabnya. Di samping menidentifikasi apakah yang terdapat pada lokasi tertentu, anda dapat mencari lokasi dengan kondisi yang memuaskan (misalnya, bagian lahan berhutan yang luasnya lebih dari 2000 meter persegi, di dalam 100 meter dari jalan, dan dengan tanah yang sesuai untuk mendukung Admin)
- c. **Kecenderungan (What has changed since...?)**, Pertanyaan yang ketiga melibatkan kedua pertanyaan yang pertama mencari perbedaan pada area menurut perbedaan waktu.
- d. **Pola (What Spatial Patterns exist...?)**, Pertanyaan ini lebih rumit mendeterminasikan apakah kanker penyebab utama kematian diantara penduduk dekat pusat tenaga nuklir. Yang cukup penting, anda mengetahui beberapa banyak penyimpangan (anomali) yang ada, yang tidak tepat dengan pola dan keberadaannya.
- e. **Pemodelan (What if....?)**, pertanyaan what if.....? adalah untuk mendeterminasikan apa yang terjadi, sebagai contoh, jika jalan baru ditambahkan ke jaringan atau jika zat berbahaya meresap ke dalam persediaan air tanah lokal. Untuk menjawab jenis pertanyaan ini memerlukan informasi geografi dan informasi lainnya.

1.5. Beberapa aplikasi SIG

1. Perusahaan: PDAM, PLN, TELKOM, GAS dll.

Menggunakan teknologi GIS untuk:

- a. Informasi jaringan pelanggan, jaringan pipa, untuk melacak kerusakan, informasi keadaan jaringan, informasi kebutuhan dan persediaan,.
- b. Mengatur pekerjaan harian karyawan
- c. Updating data di kantor
- d. Untuk memelihara informasi akurat tentang apa dan dimana.

2. Transportasi Antar kota

- a. PJKA, Penerbangan, Kapal Laut, Bus, Taxi, Travel agents
- b. Menentukan schedule,
- c. perencanaan dan informasi rute,
- d. Informasi penumpang,
- e. Informasi tujuan dll.

3. Sumber Daya Alam

- a. Perusahaan Tambang → Menentukan lokasi tambang baru
- b. Pertanian → Pemilihan kesesuaian lahan pertanian/tambak
- c. Pesisir dan laut → Manajemen kelautan, lokasi taman laut
- d. Lingkungan → AMDAL dll.

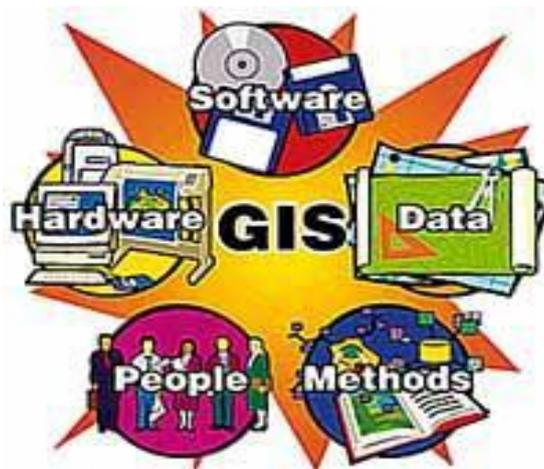
1.6. Keunggulan SIG

1. Penanganan data geospasial menjadi lebih baik dalam format baku.
2. Revisi dan pemutakhiran data menjadi lebih mudah.
3. Data geospasial dan informasi menjadi lebih mudah dicari, dianalisis dan direpresentasikan.
4. Menjadi produk yang mempunyai nilai tambah.
5. Kemampuan menukar data geospasial.
6. Penghematan waktu dan biaya.
7. Keputusan yang diambil menjadi lebih baik.

2 Komponen Komponen SIG

2.1. Pendahuluan

Menurut ESRI (1998), sistem informasi geografi terdiri dari 5 komponen utama, yaitu: (1). Perangkat Keras (Hardware); (2). Perangkat Lunak (Software); (3). Data; (4) Metode/prosedur; (5). Sumberdaya Manusia (People).

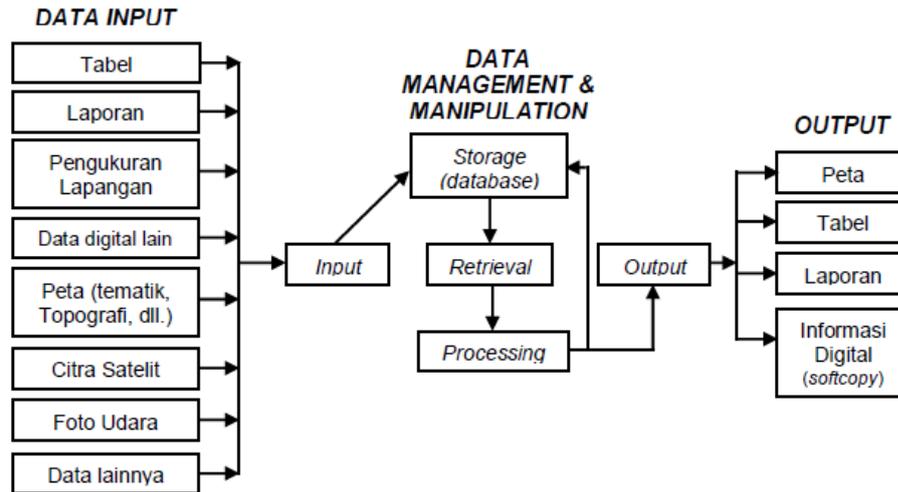


Gambar 2-1 Komponen-komponen SIG

2.2. Perangkat Keras (Hardware)

Perangkat keras yang digunakan untuk mengoperasikan SIG dapat di golongan menjadi 3 (tiga) kelompok dasar / subsistem yaitu, yaitu: (gambar 2-2)

1. **Input Data:** data yang di inputkan dapat menggunakan alat pembaca data untuk data berbentuk digital hasil pekerjaan sebelumnya yang tersimpan pada CD, Tape, Vidio, Harddisk dan alat penyimpanan lain; juga data di inputkan dengan melakukan transformasi format data dari berbentuk hard copy menjadi data digital, misal dengan meja digitasi, scanner, atau dengan melakukan pengetikan melalui key board.
2. **Manajemen dan analisis data:** kemampuan utama kerja komputer SIG yaitu dapat melakukan manajemen dan analisis data. Ada dua bentuk dasar cara kerja SIG yaitu dapat berupa desktop komputer (PC) yang digunakan stand alone atau berupa server komputer yang beroperasi secara network
3. **Output GIS:** GIS dapat menghasilkan produk yang bervariasi. Data dapat ditampilkan pada monitor, atau dipresentasikan dalam bentuk hard copy dengan menggunakan printer atau plotter. Output GIS dapat juga dalam format digital yang disimpan dalam disk yang dapat digunakan dalam aplikasi GIS yang lain.



Gambar 2-2 Subsistem Sistem Informasi Geografi

Data dasar geografi melalui unit masukan (digitizer, scanner, cd-rom) dimasukkan ke komputer. Data yang telah masuk akan diolah melalui Central Processing Unit (CPU), dan CPU ini dihubungkan dengan (Gambar 2-3):

- a. Unit penyimpanan (disk drive, tape drive) untuk disimpan dalam disket.
- b. Unit keluaran (printer, plotter) untuk dicetak menjadi data dalam bentuk peta.
- c. Visual Display Unit (VDU) untuk ditayangkan agar dapat dikontrol oleh para pemakai dan programmer (pembuat program).

Scanner : alat untuk membaca tulisan pada sebuah kertas atau gambar.

CD-ROM: alat untuk menyimpan program.

Digitizer: alat pengubah data asli (gambar) menjadi data digital (angka).

Plotter: alat yang mencetak peta dalam ukuran relatif besar.

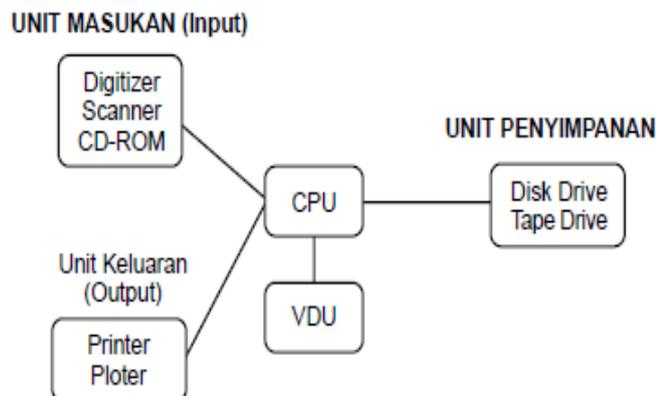
Printer: alat yang mencetak data maupun peta dalam ukuran relatif kecil.

CPU : (Central Processing Unit) pusat pemrosesan data digital.

VDU : (Visual Display Unit) layar monitor untuk menayangkan hasil pemrosesan.

Disk drive : bagian CPU untuk menghidupkan program.

Tape drive : bagian CPU untuk menyimpan program.



Gambar 2-3 Komponen Perangkat Keras SIG

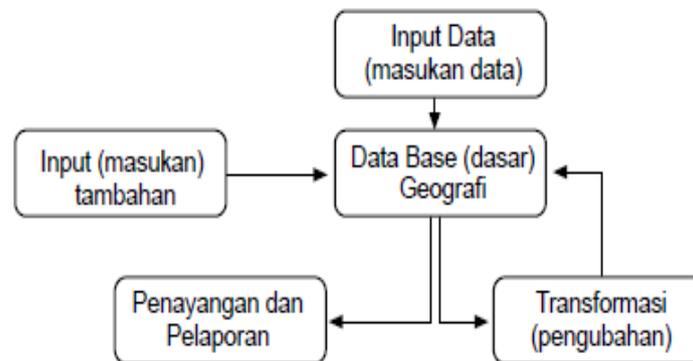
2.3. Perangkat Lunak (Software)

Sebuah perangkat lunak SIG haruslah menyediakan fungsi dan tool yang mampu melakukan penyimpanan data, analisis dan menampilkan informasi geografis. Dengan demikian, elemen yang harus terdapat dalam komponen perangkat lunak SIG adalah:

1. Tool untuk melakukan input dan transformasi data geografis
2. Tool yang mendukung query geografis, analisis dan visualisasi
3. Graphical User Interface (GUI) untuk memudahkan akses pada tool geografis.

Sebagai inti dari sistem SIG adalah perangkat lunak dari SIG itu sendiri yang menyediakan fungsi-fungsi untuk penyimpanan, pengaturan, *link*, *query* dan analisis data geografis. Perangkat lunak SIG merupakan paket perangkat lunak aplikasi yang berisi berbagai paduan program komputer untuk keperluan proses pemetaan, pengelolaan dan analisis data geografis. Ciri utama perangkat lunak SIG adalah tersedianya kemampuan proses penyajian serta analisis data spasial dan atribut.

Persyaratan perangkat lunak SIG: (a). Pengolahan data grafis, (b). Pengolahan basis data, (c). Analisis dan penyajian data, (d). Operasi Kartografi, (e). Aplikasi khusus dan pengembangan.



Gambar 2-3 Fasilitas dari perangkat lunak SIG

a) Pengolahan data grafis (Spatial & attribute)

Digunakan untuk mengkonversi data dari satu format ke format lain yang dapat digunakan dalam SIG. Misalnya dari data: Peta Garis, Citra Foto, Citra Satelit, tabel dll.

Komponen pengolahan data grafis SIG meliputi:

1. Pemasukan (input) data grafis
2. Pemasukan (input) data atribut
3. Penyuntingan (editing) data grafis
4. Penyajian data berupa tampilan layar grafis (soft copy) atau bentuk cetakan (hardcopy)

Kemampuan tersebut banyak tersedia pada software CAD (Computer Aided Design) sehingga dapat dipakai sebagai fungsi dasar perangkat lunak SIG.

Kombinasi sistem CAD dengan DBMS tidak dapat disamakan dengan SIG, karena SIG harus disimpan berdasarkan topological data Structure yang tidak dimiliki sistem CAD.

b) Pengelolaan basisdata SIG

1. Meliputi fungsi untuk menyimpan (store) dan mendapatkan (retrieve) data dari basisdata.
2. Metoda yang digunakan akan mempengaruhi efisiensi operasi data di dalam sistem.

Perangkat lunak basisdata SIG harus memberikan:

1. Fungsi penelusuran/query data atribut untuk memperoleh dan mengetahui posisi spasial,
2. Serta penelusuran posisi spasial untuk memperoleh /mengetahui data atribut

Basisdata SIG adalah suatu kumpulan susunan informasi unsur-unsur geografi serta hubungannya (relasinya) dan dapat berupa: Basisdata Grafis dan Basisdata Atributik.

Struktur Basisdata Grafis dapat terdiri dari: **Vektor Data Encoding** dan **Raster Data Encoding**. Basisdata Atributik terdiri dari: **Kumpulan Tabel Tabel** yang berelasi dengan **Basisdata Grafis**.

c) Analisis dan penyajian data

Analisis Data: tersedia fasilitas overlay, utilitas analisis peta, integritas data spasial.

Penyajian data: tersedia proses transformasi koordinat, operasi dasar kartografis, dan Digital Elevation Model (DEM)

d) Operasi dasar kartografis

Terdapat tiga kelompok operasi dasar kartografis:

1. Edgematching: membuat data yang berasal dari lembar peta berbeda secara geografik harus bersinambung.
2. Penggabungan Unsur: Sebagian porsi data peta digital digabung dengan data peta digital yang sudah ada. Operasi ini digunakan untuk proses pemutahiran data (map updating).
3. Ekstrak Unsur: sebagian unsur geografik yang ada pada peta digital di ekstrak menurut posisi dan bentuk window selanjutnya dapat disimpan dalam file terpisah.

e) Aplikasi dan pengembangan SIG

1. Penggunaan perangkat lunak SIG tidak sesederhana perangkat lunak Word processing, Spread sheet dll.
2. Demikian juga pengoperasiannya memerlukan sumber daya manusia sebagai tim kerja yang memiliki kemampuan bidang SIG, Geoinformatik, Basisdata dll.

2.4. Data SIG

Data SIG mempunyai dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data lain, yaitu **informasi lokasi** dan **informasi atribut** yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. **Informasi lokasi atau informasi spasial.** Contoh yang umum adalah informasi lintang dan bujur, termasuk diantaranya informasi datum dan proyeksi. Contoh lain dari informasi spasial yang bisa digunakan untuk mengidentifikasi lokasi misalnya adalah Kode Pos.
2. **Informasi deskriptif (atribut) atau informasi non spasial.** Suatu lokasi biasanya mempunyai beberapa atribut atau properti yang berkaitan dengannya; contohnya lokasi sumur minyak memiliki atribut/properti kedalaman sumur, produksi minyak perhari, mulai produksi, tanggal pengeboran, dsbnya.

Informasi lokasi ditentukan berdasarkan sistem koordinat, yang di antaranya mencakup datum dan proyeksi peta. Datum adalah kumpulan parameter dan titik kontrol yang hubungan geometriknya diketahui, baik melalui pengukuran atau penghitungan. Sedangkan sistem proyeksi peta adalah sistem yang dirancang untuk merepresentasikan permukaan dari suatu bidang lengkung atau spheroid (misalnya bumi) pada suatu bidang datar. Proses representasi ini menyebabkan distorsi yang perlu diperhitungkan untuk memperoleh ketelitian beberapa macam properti, seperti jarak, sudut, atau luasan.

Dalam SIG, data spasial dapat direpresentasikan dalam dua format, yaitu:

1). Format Vektor

Dalam data format vektor, bumi kita direpresentasikan sebagai suatu mosaik dari garis (arc/line), polygon (daerah yang dibatasi oleh garis yang berawal dan berakhir pada titik yang sama), titik/point (node yang mempunyai label), dan nodes (merupakan titik perpotongan antara dua buah garis).

Keuntungan utama dari format data vektor adalah ketepatan dalam merepresentasikan fitur titik, batasan dan garis lurus. Hal ini sangat berguna untuk analisa yang membutuhkan ketepatan posisi, misalnya pada basisdata batas-batas kadaster. Contoh penggunaan lainnya adalah untuk mendefinisikan hubungan spasial dari beberapa fitur. Kelemahan data vektor yang utama adalah ketidakmampuannya dalam mengakomodasi perubahan gradual.

2). Format 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). Pada data raster, resolusi (definisi visual) tergantung pada ukuran pixel-nya. Dengan kata lain, resolusi pixel menggambarkan ukuran sebenarnya di permukaan bumi yang diwakili oleh setiap pixel pada citra. Semakin kecil ukuran permukaan bumi yang direpresentasikan oleh satu sel, semakin tinggi resolusinya. Data raster sangat baik untuk merepresentasikan batas-batas yang berubah secara gradual, seperti jenis tanah, kelembaban tanah, vegetasi, suhu tanah, dsb. Keterbatasan utama dari data raster adalah besarnya ukuran file; semakin tinggi resolusi grid-nya semakin besar pula ukuran filenya.

Masing-masing format data mempunyai kelebihan dan kekurangan. 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. Sebaliknya, data raster biasanya membutuhkan ruang penyimpanan file yang lebih besar dan presisi lokasinya lebih rendah, tetapi lebih mudah digunakan secara matematis.

2.5. Sumberdaya Manusia (People)

Seperti sistem informasi lainnya, pemakai SIG pun memiliki tingkatan tertentu, dari tingkatan spesialis teknis yang mendesain dan memelihara sistem sampai pada pengguna yang menggunakan SIG untuk mendukung pekerjaan mereka sehari-hari. Dalam hal ini pemakai sistem yang menggunakan SIG untuk mencari pemecahan masalah spasial.

Ada banyak orang yang dapat terlibat, mereka merupakan orang yang telah mendapatkan pelatihan yang baik tentang SIG, mungkin pada aplikasi spesifik SIG. Seorang operator sistem bertanggung jawab dari hari ke hari terhadap performansi kerja suatu sistem. SIG supplier bertanggung jawab dalam penyediaan software pendukung dan update software terbaru dan metode perbaikan suatu sistem. Private Company menyediakan data internal dari agen publik. Agen publik, pada dasarnya adalah agen pemerintahan, menyediakan data dalam porsi yang besar suatu negara dan pengembang aplikasi adalah pihak-pihak yang memberikan pelatihan SIG.

2.6. Prosedur (Methods)

SIG yang baik memiliki keserasian antara rencana desain yang baik dan aturan dunia nyata, dimana metode, model dan implementasi akan berbeda-beda untuk setiap permasalahan. SIG didesain dan dikembangkan untuk manajemen data yang akan mendukung proses pengambilan keputusan. Pada beberapa organisasi penggunaan SIG dapat dalam bentuk dan standar tersendiri untuk metode analisisnya. Jadi, metodologi yang digunakan merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan untuk beberapa proyek SIG.

3 Dunia Nyata dan SIG

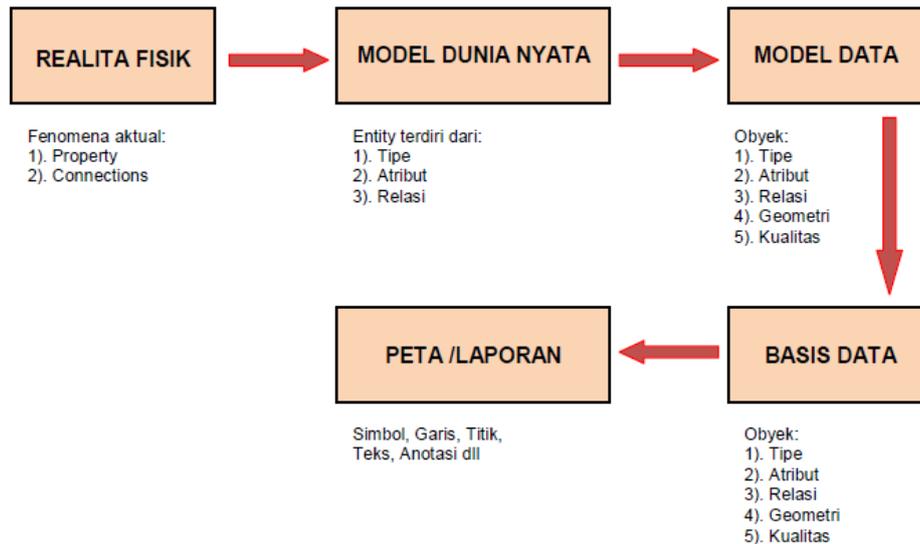
3.1. Pendahuluan

Dalam banyak hal, SIG menyajikan pandangan atau persepsi terhadap dunia nyata (real-world). Untuk menghasilkan persepsi ini dilibatkan proses-proses yang jarang sekali bersifat langsung dan mudah difahami seketika, karena dunia nyata (realitas) bersifat tidak teratur (irregular), kompleks, dan secara bertahap mengalami perubahan yang tidak mudah diprediksi. Dengan demikian, persepsi dari dunia nyata akan sangat bergantung pada si pengamat (bersifat subjektif). Sebagai contoh, seorang surveyor boleh saja memandang suatu jalan (raya) sebagai dua garis batas (sisi) yang akan disurvei, sementara seorang pekerja jalan raya menganggapnya jalan sebagai permukaan aspal yang memiliki ketebalan, dan seorang pengendara menganggapnya jalan sebagai jalur atau rute dimana kendaraanya harus lewat.

Lebih jauh lagi, dunia nyata dapat dideskripsikan dengan menggunakan fenomena-fenomena yang berbeda dan tidak terbatas, mulai dari partikel-partikel atomik hingga berdimensi lautan dan benua sekalipun. Kompleksitas dan keluasan dunia nyata, dikombinasikan dengan keseluruhan spektrum interpretasinya, mengimplementasikan bahwa perancangan sistem SIG bisa bervariasi sesuai dengan pilihan, kesukaan, dan kemampuan pada penciptanya. Faktor manusia dapat menimbulkan elemen-elemen yang menjadi pembatasnya, sebagaimana data yang telah dikompilasi dengan baik untuk suatu aplikasi tertentu bisa jadi tak bermanfaat untuk aplikasi yang lainnya.

Dunia nyata hanya dapat dideskripsikan di dalam pengertian model-model yang membatasi konsep-konsep dan prosedur yang diperlukan untuk mentranslasikan pengamatan-pengamatan ke dalam data yang dimengerti dan dibutuhkan di dalam SIG. Proses-proses yang terlibat di dalam menginterpretasikan realitas dengan menggunakan model dunia nyata dan model data tersebut disebut sebagai pemodelan data. Adapun prinsip-prinsip yang digunakan di dalam masalah ini dapat digambarkan sbb:

Untuk membawa dunia nyata ke dalam SIG, harus digunakan model dunia nyata yang telah disederhanakan. Fenomena-fenomena yang serupa dan mirip dapat diklasifikasikan dan dideskripsikan dalam bentuk model dunia nyata. **Model dunia nyata** ini kemudian dikonversikan ke dalam bentuk **model data** dengan menggunakan elemen-elemen geometri dan kualitas. Kemudian, model data ini juga ditransfer ke dalam bentuk **basisdata** yang dapat yang dapat menangani data-data digital yang dapat dipresentasikan ke dalam bentuk peta-peta dan laporan, baik dalam bentuk softcopy maupun hardcopy.



Gambar 3-1 Realitas fisik dan model dunia nyata

3.2. Model Dunia Nyata

Persepsi, rancangan, atau susunan model dunia nyata yang dikembangkan oleh perancang akan menentukan semua data yang diperlukan. Persepsi ini mencakup pembawa informasi yang paling dasar, yaitu entity. Suatu entiti terdiri : klasifikasi tipe, atribut, dan relasi (relationship).

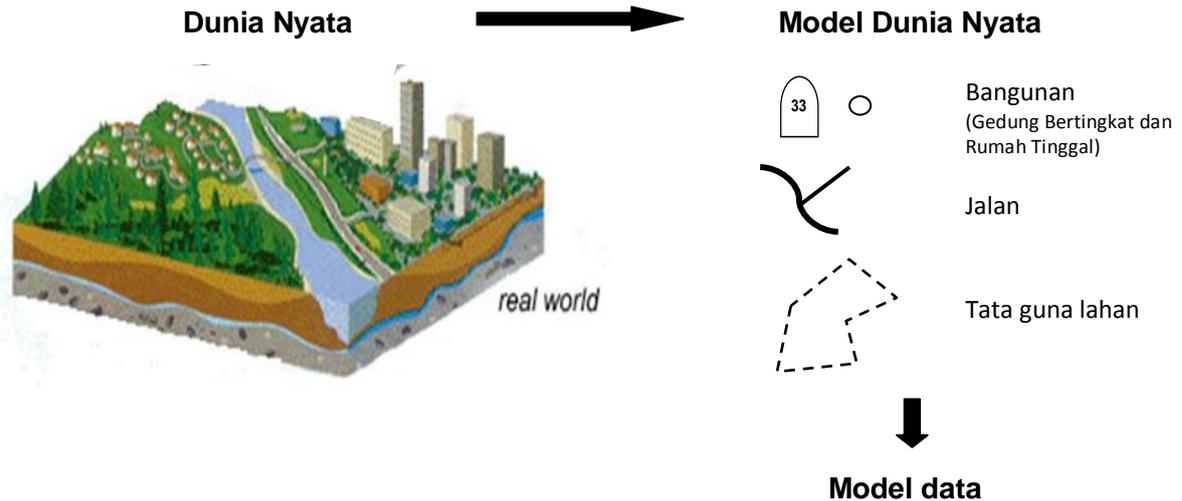
Definisi Entiti adalah:

- Suatu objek yang dapat dibedakan dengan objek-objek lainnya berdasarkan atributnya.
- Orang, tempat, kejadian, atau konsep yang informasinya direkam
- Individu yang mewakili sesuatu yang nyata dan dapat dibedakan dari sesuatu yang lain.
- Fenomena dunia nyata yang tidak dapat dibagi lagi menjadi fenomena yang sama atau sejenis.

3.2.1. Tipe

Konsep tipe entiti mengasumsikan bahwa fenomena-fenomena dunia nyata dapat diklasifikasikan. Fenomena yang mirip dikelompokkan dalam satu entity. Selama proses pengidentifikasian ini setiap entiti harus didefinisikan secara unik untuk menghindari ambiguitas. Dengan demikian, suatu rumah harus didefinisikan dan dapat dibedakan sedemikian rupa pada suatu lokasi hingga berbeda dengan rumah-rumah yang berlokasi di sebelahnya, atau berbeda dengan bangunan sekolah yang tepat berada di seberangnya.

Sebagai contoh, suatu rumah (yang beralamat di Jl. X, No. 13) diberi nomor pengenal (ID) 13, rumah yang tepat berada disebelahnya diberi nomor pengenal 15, sementara bangunan sekolah yang berada tepat di seberangnya diberi nomor pengenal 14. Banyak tipe entiti yang masih dapat diklasifikasikan lebih lanjut hingga menjadi tipe yang lebih kecil lagi. Sebagai contoh, tipe entiti jalan masih dapat dipisahkan menjadi jalan raya, jalan bebas hambatan (tol), jalan nasional, jalan kota, jalan kereta api dll.

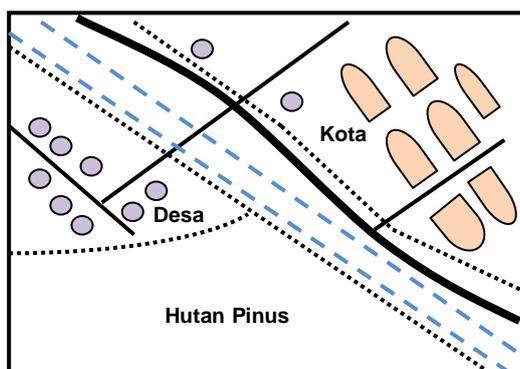


BANGUNAN	
Kategori yang mungkin	Rumah Tinggal, Perkantoran, Sekolah, Pertokoan
Terletak di	Nomor persil
Direpresentasikan oleh	Titik
Ketelitian geometri	10 meter
JALAN	
Kategori yang mungkin	Jalan Raya, Jalan Arteri, Jalan Perumahan
Satuan panjang	Meter
Direpresentasikan oleh	Garis
Ketelitian geometri	15 meter
TATAGUNA LAHAN	
Kategori yang mungkin	Kawasan Pemukiman, Kawasan Perkotaan, Kawasan Hutan
Satuan luas	Hektar
Direpresentasikan oleh	Poligon
Ketelitian geometri	12 meter

Basisdata (Tabel-Tabel)

ID	NAMA	NO. PERSIL	X	Y
44	Rumah Tinggal	R-13	115	65
22	Perkantoran	S-120	245	88
33	Sekolah	P-5	245	120

ID	NAMA	KOORDINAT
200	Kawasan Pemukiman	(180,90), (100, 195), (100, 70)
100	Kawasan Perkotaan	(100, 200), (400, 200), (400, 40)
600	Kawasan Hutan	(180,90), (100, 195), (360, 10)



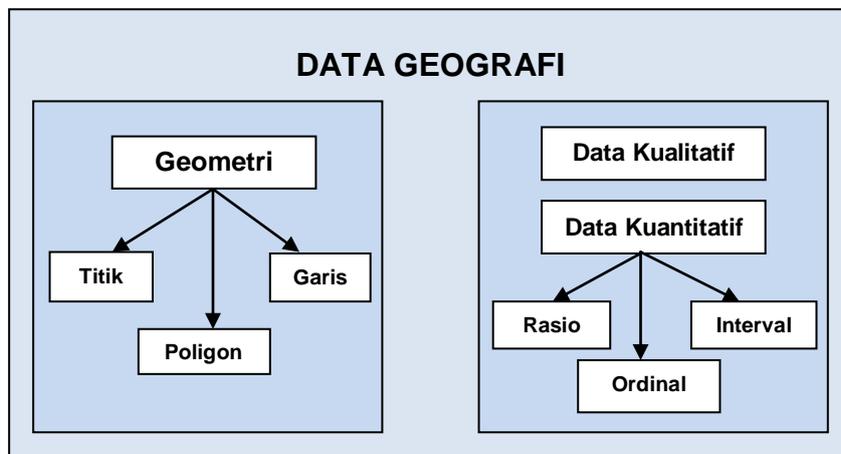
Peta dengan Simbol dan Anotasi

Gambar. 3-2. Proses pemodelan: transformasi dunia nyata ke dalam produk SIG

3.2.2. Atribut

Setiap tipe entiti dapat memiliki lebih dari satu atribut yang mendeskripsikan sifat-sifat dasar fenomena yang bersangkutan. Contoh, entiti entiti yang termasuk ke dalam klasifikasi bangunan bisa memiliki atribut material (pasir, beton, semen, kayu, dll) yang menjadi komponen bangunan. Setiap entiti boleh memiliki sejumlah atribut. Contoh suatu danau dapat dideskripsikan dengan menggunakan nama, kedalaman, kualitas air, populasi ikan, dll. Tipe-tipe entiti juga dapat mendeskripsikan data kualitatif dan atribut-atribut data kuantitatif.

Pada dasarnya, data kuantitatif dapat diurutkan ke dalam 4 tingkatan akurasi. Yang paling akurat adalah data proposional (rasio) misalnya besaran panjang dan nilai luas yang diukur berdasarkan titik pusat sistem koordinat tertentu (origin) atau berdasarkan titik awal besaran yang bersangkutan. Data interval seperti usia, dan besarnya pendapatan merupakan kelompok data yang akurasinya kurang. Data ordinal juga memiliki akurasi yang kecil lagi karena merepresentasikan datanya dalam terminologi urutan: "terbaik", "baik", "cukup", "buruk" dan "sangat buruk". Sedangkan tipe data yang memiliki tingkat akurasi yang paling rendah adalah data nominal, yakni tipe data yang dideskripsikan ke dalam skala nominal, dimana setiap objek diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok.



Gambar 3-3 Data Obyek Geografi

3.2.3 Relasi

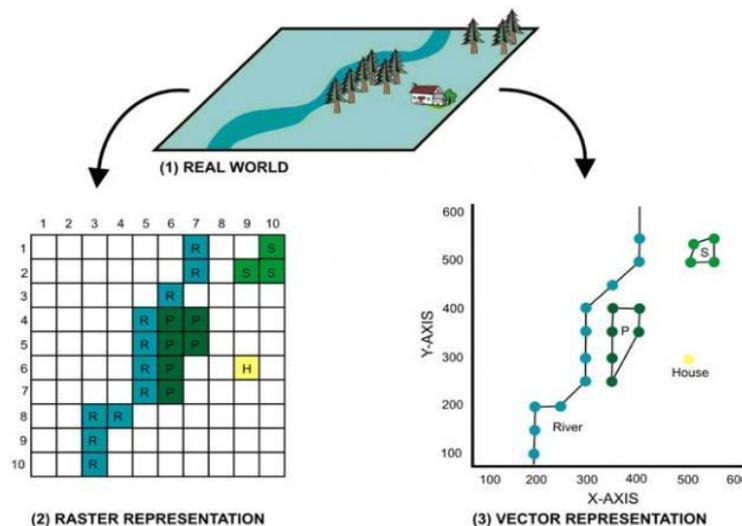
Hampir setiap entiti memiliki relasi-relasi dengan entiti lainnya. Pada umumnya relasi ini meliputi.

- Dimiliki/termasuk/berhubungan: contoh pipa nomor AX12 merupakan salah satu elemen jaringan pipa air minum di wilayah kecamatan "Bogor Tengah"
- Berpotongan (intersect): contoh Jl. Setia budi berpotongan dengan Jl. Sukajadi
- Saling terkait (connect): contoh, segmen nomor 1 dan 2 saling berhubungan satu sama lain dalam membentuk dan menggambarkan sungai "Ciwaruga" secara utuh.
- Terdiri dari (comprises): contoh wilayah provinsi terdiri dari beberapa kabupaten, dan wilayah kabupaten terdiri dari beberapa wilayah kecamatan.
- Berdekatan (proximity): misalnya hotel "Merdeka" terletak di persil milik "Pak Umar", sedangkan "SD Mardiyuana 1" terletak di kecamatan "Sukamulya"
- Bersebelahan (adjacent): misalnya, tanah milik "Pa Ali" bersebelahan dengan persil
- Tanah milik "Ibu Yati", dan terletak persis (bersebelahan) di pinggir jalan "Pajajaran".

Relasi-relasi di atas, secara intuisi nampak jelas bila dilihat pada peta biasa (analog), namun sayangnya, komputer tidak memiliki intuisi. Karenanya pemrosesan relasi-relasi di atas oleh komputer memerlukan informasi-informasi dan intruksi-intruksi deskriptif lebih lanjut mengenai cara kompilasinya. Dalam kondisi tertentu, ada beberapa relasi entiti yang tidak mudah dinyatakan atau digunakan. Salah satu penyebabnya adalah karena masalah kompleksitas. Sebagai contoh adalah pada kasus jaringan (pipa, listrik, komunikasi, dll) dimana status katup (switches) yang terbuka atau tertutup (on/off) menentukan elemen lain yang dianggap memiliki entiti logika.

3.3. Model Data

Model dunia nyata memudahkan manusia dalam studi aplikasi yang dipilih dengan mereduksi sejumlah kompleksitas yang sebenarnya hadir. Jika model data ini akan digunakan, model ini harus diimplementasikan di dalam basis data. Model data merupakan kumpulan perangkat konseptual yang digunakan untuk mendeskripsikan data, hubungan antar (relasi) data, semantik (makna) data, dan batasan mengenai data yang bersangkutan. Pembawa informasi di dalam model data adalah objek yang berhubungan dengan entities di dalam dunia nyata. Suatu objek memiliki properties seperti: tipe, atribut, relasi, geometri, dan kualitas.



Gambar 3-4 Real World yang direpresentasi oleh data raster dan data vektor

Model dunia nyata dan entiti tidak dapat direalisasikan secara langsung di dalam basis data, sebagian karena alasan suatu entiti bisa saja terdiri dari beberapa objek. Sebagai contoh, entiti jalan "Sukarno-Hatta" yang cukup panjang dan memotong jalan-jalan lainnya dapat direpresentasikan sebagai kompilasi dari semua segmen dan yang membentuk jalan tersebut. Setiap segmen jalan di atas membawa informasi objek.

Objek, didalam suatu model data SIG, pada dasarnya dapat dideskripsikan dengan menggunakan propertinya (tipe/identitas atau nomor pengenal, elemen geometri, atribut, relasi, dan kualitasnya). Identitas (biasanya dinyatakan dengan bilangan bulat) merupakan nomor pengenal yang unik (ID). Internal ID dibuat secara otomatis oleh perangkat SIG.

Model data dapat dirancang untuk mencakup:

- Objek fisik: seperti jalan, pemukiman, saluran air, dll
- Objek yang terklasifikasikan: seperti tipe vegetasi, zone iklim, dll

- c) Peristiwa (event): seperti kecelakaan, kebocoran air, tumpahan minyak, longsor, dan lain lain.
- d) Objek yang berubah secara kontinyu: seperti batas-batas suhu, ketinggian, dan kedalaman.
- e) Objek buatan: seperti kontur ketinggian dan densitas populasi

4 Data Spasial SIG

4.1. Pendahuluan

Perkembangan pemanfaatan data spasial dalam dekade belakangan ini meningkat dengan sangat drastis. Hal ini berkaitan dengan meluasnya pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan perkembangan teknologi dalam memperoleh, merekam dan mengumpulkan data yang bersifat keruangan (spasial). Teknologi tinggi seperti *Global Positioning System (GPS)*, *remote sensing* dan *total station*, telah membuat perekaman data spasial digital relatif lebih cepat dan mudah. Kemampuan penyimpanan yang semakin besar, kapasitas transfer data yang semakin meningkat, dan kecepatan proses data yang semakin cepat menjadikan data spasial merupakan bagian yang tidak terlepas dari perkembangan teknologi informasi.

Sistem informasi atau data yang berbasis keruangan pada saat ini merupakan salah satu elemen yang paling penting, karena berfungsi sebagai pondasi dalam melaksanakan dan mendukung berbagai macam aplikasi. Sebagai contoh dalam bidang lingkungan hidup, perencanaan pembangunan, tata ruang, manajemen transportasi, pengairan, sumber daya mineral, sosial dan ekonomi, dll. Oleh karena itu berbagai macam organisasi dan institusi menginginkan untuk mendapatkan data spasial yang konsisten, tersedia serta mempunyai aksesibilitas yang baik. Terutama yang berkaitan dengan perencanaan ke depan, data geografis masih dirasakan mahal dan membutuhkan waktu yang lama untuk memproduksinya. Beberapa tahun belakangan ini banyak negara yang telah melakukan investasi dalam kegiatan pembangunan dan pengembangan sistem informasi. Terutama dalam penggunaan, penyimpanan, proses, analisis dan peyebaran suatu informasi.

4.2. Pengertian Data Spasial

Data spasial mempunyai pengertian sebagai suatu data yang mengacu pada posisi, obyek, dan hubungan diantaranya dalam ruang bumi. Data spasial merupakan salah satu item dari informasi, dimana didalamnya terdapat informasi mengenai bumi termasuk permukaan bumi, dibawah permukaan bumi, perairan, kelautan dan bawah atmosfer. Data spasial dan informasi turunannya digunakan untuk menentukan posisi dari identifikasi suatu elemen di permukaan bumi. Lebih lanjut lagi Mapping Science Committee (1995) menerangkan mengenai pentingnya peranan posisi lokasi yaitu, (1) pengetahuan mengenai lokasi dari suatu aktifitas memungkinkan hubungannya dengan aktifitas lain atau elemen lain dalam daerah yang sama atau lokasi yang berdekatan dan (2) Lokasi memungkinkan diperhitungkannya jarak, pembuatan peta, memberikan arahan dalam membuat keputusan spasial yang bersifat kompleks.

Karakteristik utama dari data spasial adalah bagaimana mengumpulkannya dan memeliharanya untuk berbagai kepentingan. Selain itu juga ditujukan sebagai salah satu elemen yang kritis dalam melaksanakan pembangunan sosial ekonomi secara berkelanjutan dan pengelolaan lingkungan. Berdasarkan perkiraan hampir lebih dari 80 % informasi mengenai bumi berhubungan dengan informasi spasial .

Perkembangan teknologi yang cepat dalam pengambilan data spasial telah membuat perekaman terhadap data berubah menjadi bentuk digital, selain itu relatif cepat dalam melakukan prosesnya. Salah satunya perkembangan teknologi yang berpengaruh terhadap perekaman data pada saat ini adalah teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) dan *Global Positioning System* (GPS).

Terdapat empat prinsip yang dapat mengidentifikasi perubahan teknologi perekaman data spasial selama tiga dasawarsa ini. Prinsip tersebut adalah (1) perkembangan teknologi, (2) kepedulian terhadap lingkungan hidup, (3) konflik politik atau perang dan (4) kepentingan ekonomi. Data lokasi yang spesifik dibutuhkan untuk melakukan pemantauan terhadap dampak dalam suatu lingkungan, untuk mendukung program restorasi lingkungan dan untuk mengatur pembangunan. Kegiatan-kegiatan tersebut dilakukan melalui kegiatan pemetaan dengan menggunakan komputer dan pengamatan terhadap bumi dengan menggunakan satelit penginderaan jauh.

Terdapat dua pendorong utama dalam pembangunan data spasial. Pertama adalah pertumbuhan kebutuhan suatu pemerintahan dan dunia bisnis dalam memperbaiki keputusan yang berhubungan dengan keruangan dan meningkatkan efisiensi dengan bantuan data spasial. Faktor pendorong kedua adalah mengoptimalkan anggaran yang ada dengan meningkatkan informasi dan sistem komunikasi secara nyata dengan membangun teknologi informasi spasial. Didorong oleh faktor-faktor tersebut, maka banyak negara, pemerintahan dan organisasi memandang pentingnya data spasial, terutama dalam pengembangan informasi spasial atau yang lebih dikenal dengan Sistem Informasi Geografis (SIG). Tujuannya adalah membantu pengambilan keputusan berdasarkan kepentingan dan tujuannya masing-masing, terutama yang berkaitan dengan aspek keruangan. Oleh karena itu data spasial yang telah dibangun, sedang dibangun dan yang akan dibangun perlu diketahui keberadaannya.

Pada dasarnya terdapat dua permasalahan utama yang terjadi pada saat ini dalam pembangunan data spasial. Pertama adalah "ledakan" informasi, dimana informasi tersebut diperlukan dalam perkembangan waktu yang terjadi. Hal ini sangatlah bergantung pada perkembangan yang cepat dalam proses pengambilan dan perekaman data spasial. Sedangkan yang kedua adalah terbatasnya dan sulitnya melakukan akses dan mendapatkan informasi spasial dari berbagai macam sumber data yang tersedia. Konsekuensi yang terjadi terdapat kebutuhan yang sangat mendesak untuk memecahkan permasalahan tersebut, yaitu dengan melakukan konsep berbagi pakai data, integrasi dari aplikasi yang berbeda dan mengurangi duplikasi data dan minimalisasi biaya pengeluaran yang terjadi.

4.3. Sumber Data Spasial

Data spasial dapat dihasilkan dari berbagai macam sumber, diantaranya adalah:

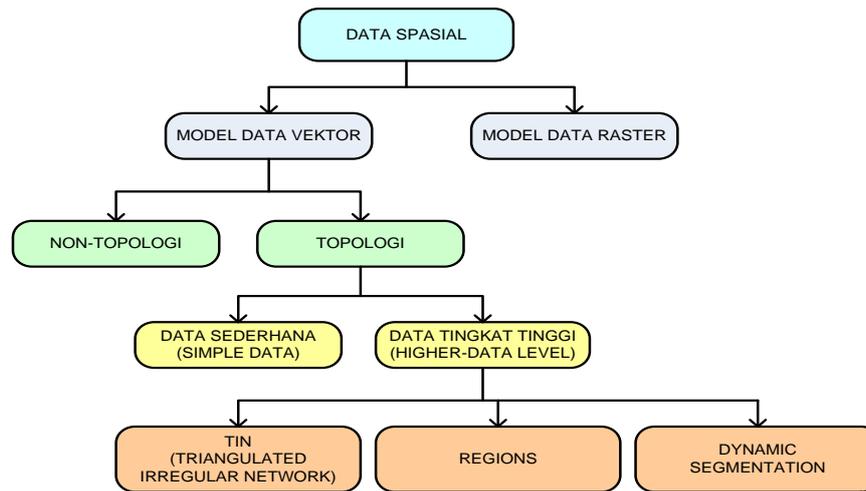
1. Citra Satelit, data ini menggunakan satelit sebagai wahananya. Satelit tersebut menggunakan sensor untuk dapat merekam kondisi atau gambaran dari permukaan bumi. Umumnya diaplikasikan dalam kegiatan yang berhubungan dengan pemantauan sumber daya alam di permukaan bumi (bahkan ada beberapa satelit yang sanggup merekam hingga dibawah permukaan bumi), studi perubahan lahan dan lingkungan, dan aplikasi lain yang melibatkan aktifitas manusia di permukaan bumi. Kelebihan dari teknologi terutama dalam dekade ini adalah dalam kemampuan merekam cakupan wilayah yang luas dan tingkat resolusi dalam merekam obyek yang sangat tinggi. Data yang dihasilkan dari citra satelit kemudian diturunkan menjadi data tematik dan disimpan dalam bentuk basis data untuk digunakan dalam berbagai macam aplikasi. Mengenai spesifikasi

- detail dari data citra satelit dan teknologi yang digunakan akan dibahas dalam bab tersendiri.
2. Peta Analog, sebenarnya jenis data ini merupakan versi awal dari data spasial, dimana yang membedakannya adalah hanya dalam bentuk penyimpanannya saja. Peta analog merupakan bentuk tradisional dari data spasial, dimana data ditampilkan dalam bentuk kertas atau film. Oleh karena itu dengan perkembangan teknologi saat ini peta analog tersebut dapat di *scan* menjadi format digital untuk kemudian disimpan dalam basis data.
 3. Foto Udara (Aerial Photographs), merupakan salah satu sumber data yang banyak digunakan untuk menghasilkan data spasial selain dari citra satelit. Perbedaannya dengan citra satelit adalah hanya pada wahana dan cakupan wilayahnya. Biasanya foto udara menggunakan pesawat udara. Secara teknis proses pengambilan atau perekaman datanya hampir sama dengan citra satelit. Sebelum berkembang teknologi kamera digital, kamera yang digunakan adalah menggunakan kamera konvensional menggunakan negatif film, saat ini sudah menggunakan kamera digital, dimana data hasil perekaman dapat langsung disimpan dalam basis data. Sedangkan untuk data lama (format foto film) agar dapat disimpan dalam basis data harus dilakukan konversi dahulu dengan menggunakan *scanner*, sehingga dihasilkan foto udara dalam format digital. Lebih lanjut mengenai spesifikasi foto udara akan dibahas dalam bab tersendiri.
 4. Data Tabular, data ini berfungsi sebagai atribut bagi data spasial. Data ini umumnya berbentuk tabel. Salah satu contoh data ini yang umumnya digunakan adalah data sensus penduduk, data sosial, data ekonomi, dll. Data tabular ini kemudian di relasikan dengan data spasial untuk menghasilkan tema data tertentu.
 5. Data Survei (Pengamatan atau pengukuran dilapangan), data ini dihasilkan dari hasil survei atau pengamatan dilapangan. Contohnya adalah pengukuran persil lahan dengan menggunakan metode survei terestris.

4.4. Model Data Spasial

Pada pemanfaatannya data spasial yang diolah dengan menggunakan komputer (data spasial digital) menggunakan model sebagai pendekatannya. *Economic and Social Commission for Asia and the Pasific* (1996), mendefinisikan model data sebagai sekumpulan logika atau aturan dan karakteristik dari suatu data spasial. Model data merupakan representasi hubungan antara dunia nyata dengan data spasial.

Terdapat dua model dalam data spasial, yaitu *model data raster* dan *model data vektor*. Keduanya memiliki karakteristik yang berbeda, selain itu dalam pemanfaatannya tergantung dari masukan data dan hasil akhir yang akan dihasilkan. Model data tersebut merupakan representasi dari obyek-obyek geografi yang terekam sehingga dapat dikenali dan diproses oleh komputer. Chang (2002) menjabarkan model data vektor menjadi beberapa bagian lagi (dapat dilihat pada Gambar 4-1), sedangkan penjelasan dari model data tersebut akan dibahas dalam sub bab berikut ini.

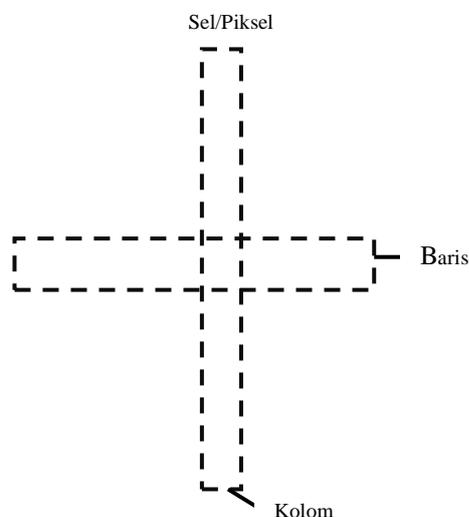


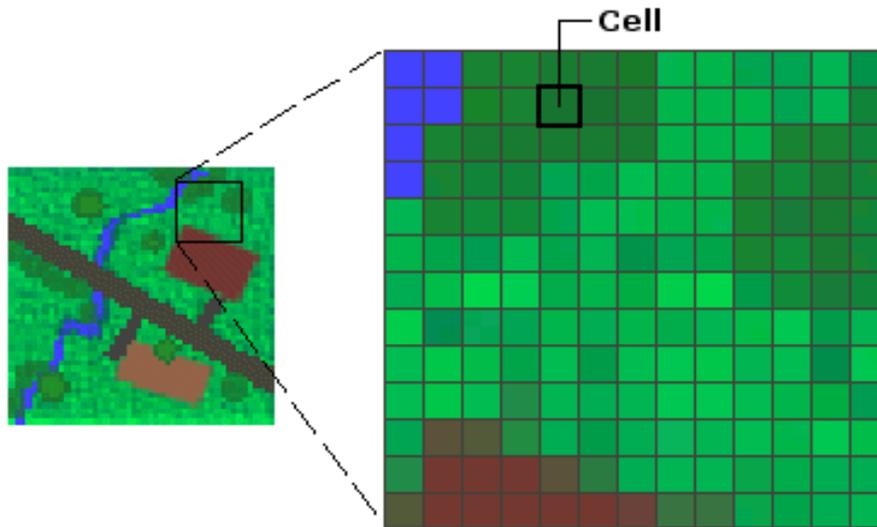
Gambar 4-1 : Klasifikasi Model Data Spasial

4.4.1. Model Data Raster

Model data raster mempunyai struktur data yang tersusun dalam bentuk matriks atau piksel dan membentuk grid. Setiap piksel memiliki nilai tertentu dan memiliki atribut tersendiri, termasuk nilai koordinat yang unik. Tingkat keakurasian model ini sangat tergantung pada ukuran piksel atau biasa disebut dengan *resolusi*. Model data ini biasanya digunakan dalam remote sensing yang berbasis citra satelit maupun *airborne* (pesawat terbang). Selain itu model ini digunakan pula dalam membangun model ketinggian digital (DEM-Digital Elevatin Model) dan model permukaan digital (DTM-Digital Terrain Model).

Model raster memberikan informasi spasial terhadap permukaan di bumi dalam bentuk gambaran yang di generalisasi. Representasi dunia nyata disajikan sebagai elemen matriks atau piksel yang membentuk grid yang homogen. Pada setiap piksel mewakili setiap obyek yang terekam dan ditandai dengan nilai-nilai tertentu. Secara konseptual, model data raster merupakan model data spasial yang paling sederhana.





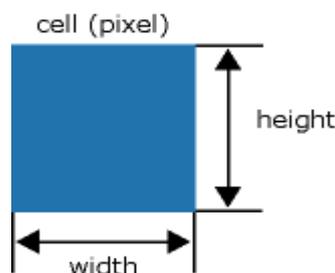
Gambar 4-2 : Struktur Model Data Raster

Karakteristik utama data raster adalah bahwa dalam setiap sel/piksel mempunyai nilai. Nilai sel/piksel merepresentasikan fenomena atau gambaran dari suatu kategori. Nilai sel/piksel dapat memiliki nilai positif atau negatif, integer, dan floating point untuk dapat merepresentasikan nilai *continuous* (lihat Gambar 4-2). Data raster disimpan dalam suatu urutan nilai sel/piksel. Sebagai contoh, 80, 74, 45, 45, 34, dan seterusnya.

80	74	62	45	45	34	39	56
80	74	74	62	45	34	39	56
74	74	62	62	45	34	39	39
62	62	45	45	34	34	34	39
45	45	45	34	34	30	34	39

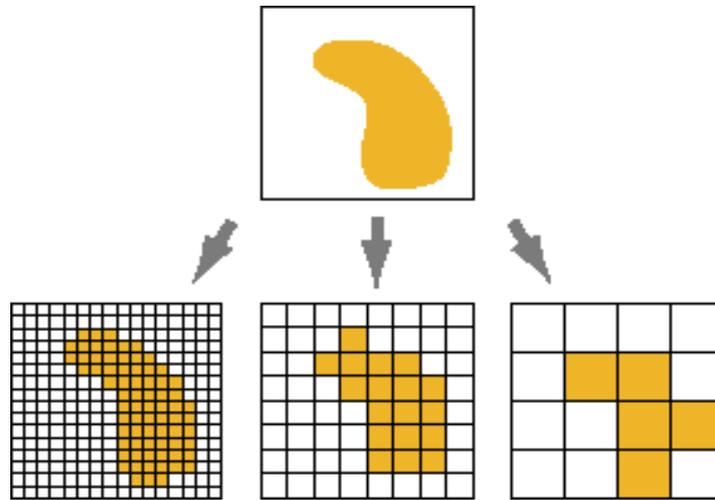
Gambar 4-3 : Struktur Penyimpanan Model Data Raster

Luas suatu area direpresentasikan dalam setiap sel/piksel dengan lebar dan panjang yang sama. Sebagai contoh, sebuah data raster yang merepresentasikan ketinggian permukaan (biasa disebut dengan DEM) dengan luasan sebesar 100 Km², apabila terdapat 100 sel/piksel dalam raster, maka dalam setiap sel/piksel mempunyai ukuran 1 Km² (1 km x 1 km).



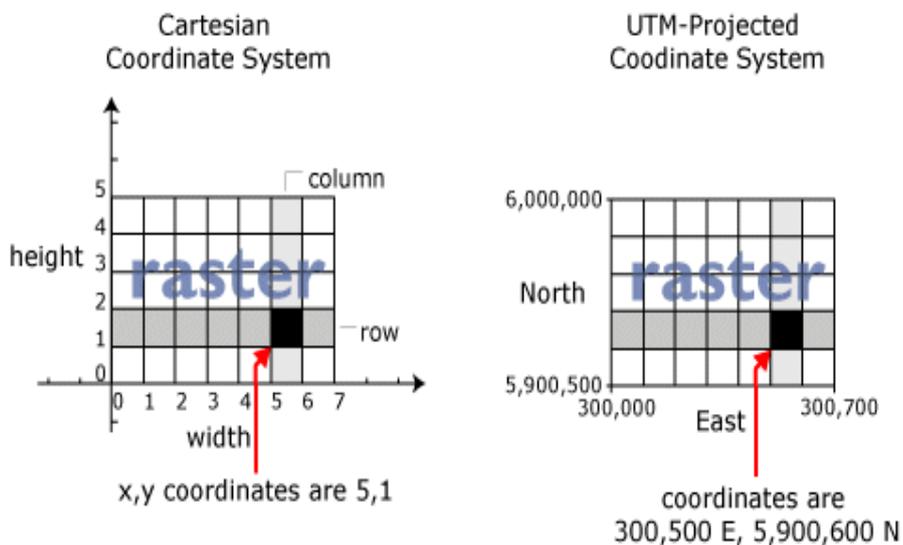
Gambar 4-4 : Ukuran Sel/Piksel

Dimensi dari setiap sel/piksel dapat ditentukan ukurannya sesuai dengan kebutuhan. Ukuran sel/piksel menentukan bagaimana kasar atau halus nya pola atau obyek yang akan di representasikan. Semakin kecil ukuran sel/piksel, maka akan semakin halus atau lebih detail. Akan tetapi semakin besar jumlah sel/piksel yang digunakan maka akan berpengaruh terhadap penyimpanan dan kecepatan proses. Apabila ukuran sel /piksel terlalu besar akan terjadi kehilangan informasi atau kehalusan pola akan terlihat lebih kasar. Sebagai contoh apabila ukuran sel lebih besar dari lebar jalan, maka jalan tidak akan dapat ditampilkan dalam data raster. Gambar berikut memperlihatkan bagaimana obyek poligon di representasikan dalam raster dengan berbagai macam ukuran sel/piksel.



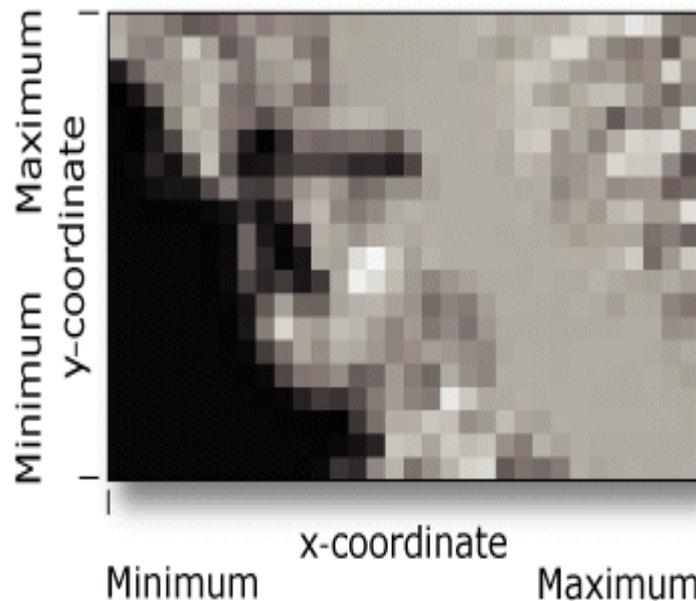
Gambar 4-5 : Poligon yang direpresentasikan dalam berbagai macam ukuran sel/piksel

Lokasi dalam setiap sel/piksel di definisikan dalam bentuk baris dan kolom dimana didalamnya terdapat informasi mengenai posisi. Apabila sel memuat Sistem Koordinat Kartesian, dimana setiap baris merupakan paralel dengan sumbu X (x-axis), dan kolom paralel dengan sumbu Y (y-axis). Demikian pula apabila sel/piksel memuat Sistem Koordinat UTM (Universal Transverse Mercator) dan sel/piksel memiliki ukuran 100, maka lokasi sel/piksel tersebut pada 300, 500 E (east) dan 5, 900, 600 N (north).



Gambar 4-6 : Atribut lokasi dalam Setiap Sel/Piksel

Terkadang dibutuhkan informasi spesifik dari luasan suatu raster. Luasan tersebut dapat didefinisikan pada koordinat bagian atas, bawah, kanan, dan kiri dari keseluruhan raster, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4-7 : Informasi Luasan Data Raster

Terdapat beberapa keuntungan dalam menggunakan model raster, diantaranya adalah :

1. Memiliki struktur data yang sederhana, bentuk sel matriks dengan nilainya dapat merepresentasikan koordinat dan kadangkala memiliki *link* dengan tabel atribut.
2. Format yang sangat cocok untuk dapat melakukan analisis statistik dan spasial.
3. Mempunyai kemampuan dalam merepresentasikan data-data yang bersifat *continous* seperti dalam memodelkan permukaan bumi.
4. Memiliki kemampuan untuk menyimpan titik (point), garis (line), area (polygon), dan permukaan (surface)
5. Memiliki kemampuan dalam melakukan proses tumpang-tindih (overlay) secara lebih cepat pada data yang kompleks.

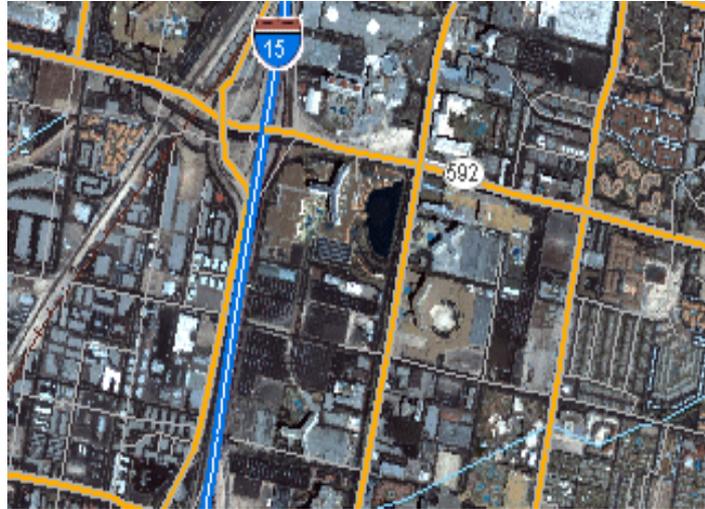
Selain keuntungan dari model raster, terdapat pula beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam menggunakan model data raster dibandingkan dengan data vektor, diantaranya adalah :

1. Terdapat beberapa keterbatasan masalah akurasi dan presisi data terutama dalam pada saat menentukan ukuran sel/piksel.
2. Data raster sangat berpotensi dalam menghasilkan ukuran file yang sangat besar. Peningkatan resolusi akan meningkatkan ukuran data, hal ini akan berdampak pada penyimpanan data dan kecepatan proses. Hal ini akan sangat bergantung kepada kemampuan hardware yang akan digunakan.

Pemanfaatan model data raster banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, akan tetapi Environmental Systems Research Institute (ESRI), Inc (2006) membagi menjadi empat kategori utama, yaitu:

1. Raster sebagai peta dasar

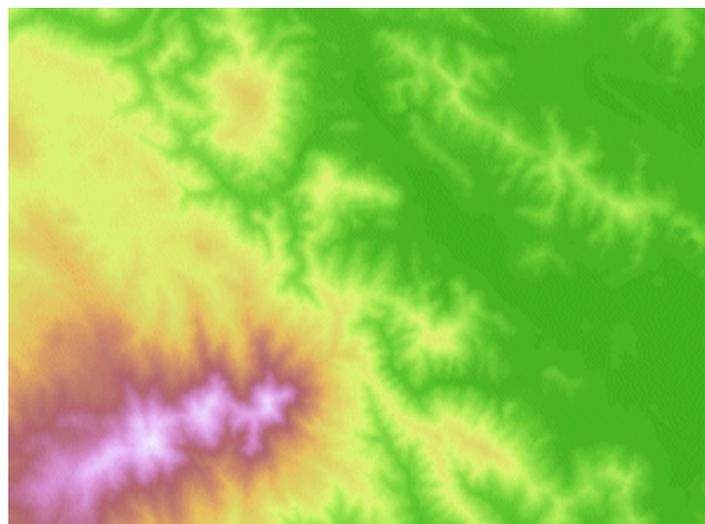
Data raster Biasanya digunakan sebagai tampilan latar belakang (background) untuk suatu layer dari obyek yang lain (vektor). Sebagai contoh foto udara ortho ditampilkan sebagai latar dari obyek jalan (lihat Gambar 4-8). Tiga sumber utama dari peta dasar raster adalah foto udara, citra satelit, dan peta hasil scan.



Gambar 4-8 : Foto Udara (Raster) ditampilkan Sebagai Latar dari Layer Jalan (Vektor)

2. Raster sebagai peta model permukaan

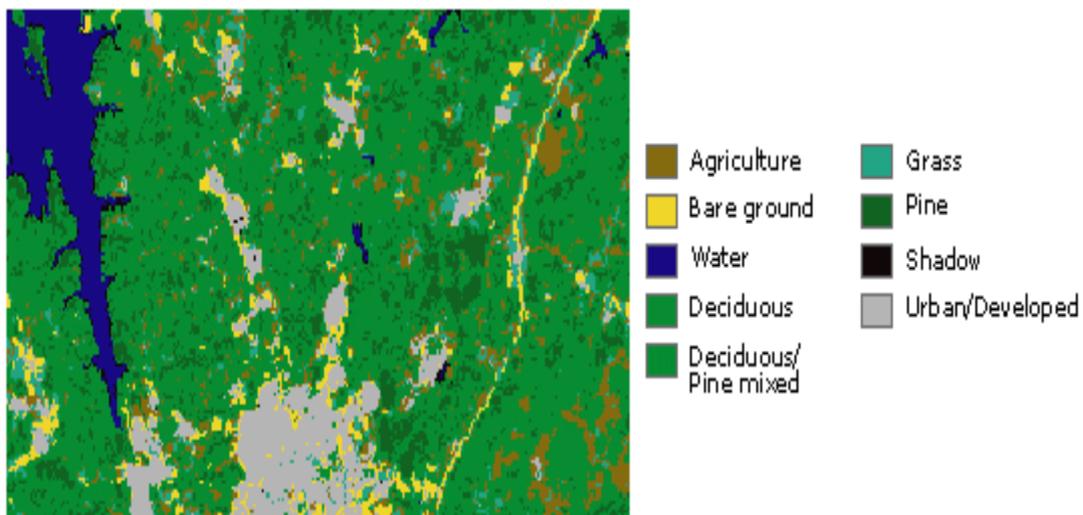
Data raster sangat cocok untuk merepresentasikan data permukaan bumi. Data dapat menyediakan metode yang efektif dalam menyimpan informasi nilai ketinggian yang diukur dari permukaan bumi. Selain dapat merepresentasikan permukaan bumi, data raster dapat pula merepresentasikan curah hujan, temperatur, konsentrasi, dan kepadatan populasi. Gambar 4-9 berikut ini memperlihatkan nilai ketinggian suatu permukaan bumi. Warna hijau memperlihatkan permukaan yang rendah, dan berikutnya merah, pink dan putih menunjukkan permukaan yang semakin tinggi.



Gambar 4-9 : Data Raster dalam Memodelkan Permukaan Bumi

3. Raster sebagai peta tematik

Data raster yang merpresentasikan peta tematik dapat diturunkan dari hasil analisis data lain. Aplikasi analisis yang sering digunakan adalah dalam melakukan klasifikasi citra satelit untuk menghasilkan kategori tutupan lahan (land cover). Pada dasarnya aktifitas yang dilakukan adalah mengelompokkan nilai dari data multispektral kedalam kelas tertentu (seperti tipe vegetasi) dan memberikan nilai terhadap kategori tersebut. Peta tematik juga dapat dihasilkan dari operasi geoprocessing yang dikombinasikan dari berbagai macam sumber, seperti vektor, raster, dan data permukaan. Sebagai contoh dalam menghasilkan peta kesesuaian lahan dihasilkan melalui operasi dengan menggunakan data raster sebagai masukannya.



Gambar 4-10: Data Raster dalam Mengklasifikasi Data Tutupan Lahan

4. Raster sebagai atribut dari obyek

Data raster dapat pula digunakan sebagai atribut dari suatu obyek, baik dalam foto digital, dokumen hasil scan atau gambar hasil scan yang mempunyai hubungan dengan obyek geografi atau lokasi. Sebagai contoh dokumen kepemilikan persil dapat ditampilkan sebagai atribut obyek persil.

4.4.2 Karakteristik Layer Raster

(a) Resolusi

Resolusi data spasial dapat didefinisikan sebagai dimensi linier minimum dari sistem terkecil ruang geografi yang dapat direkam. Satuan sekecil ini pada umumnya berbentuk segi empat dan dikenal sebagai grid-sel, elemen matrik, elemen terkecil dari suatu gambar. Resolusi suatu data raster akan merujuk pada ukuran permukaan bumi yang direpresentasikan oleh setiap pikselnya. Makin kecil ukuran atau luas permukaan bumi yang dapat dipresentasikan oleh setiap pikselnya, makin tinggi resolusi spasialnya.

(b) Orientasi

Orientasi di dalam sistem grid atau raster dibuat untuk merepresentasikan arah utara grid. Hal ini dilakukan dengan cara mengimpitkan arah utara grid ini dengan arah utara yang sebenarnya di titik asal sistem koordinat grid yang bersangkutan.

(c) Zone

Setiap zone layer peta raster merupakan sekumpulan lokasi yang memperlihatkan nilai (ID atau nomor pengenal yang direpresentasikan oleh nilai piksel) yang sama. Sebagai contoh, persil tanah milik, batas administrasi, pulau, jenis vegetasi, dll. Tetapi, tidak semua layer pada raster memiliki zone, setiap isi grid-sel dapat bervariasi secara kontinyu di dalam daerah tertentu sehingga setiap sel memiliki nilai yang berbeda.

(d) Nilai

Dalam konteks raster, nilai adalah item informasi (atribut) yang disimpan di dalam sebuah layer untuk setiap pikselnya. Piksel di dalam zone atau area yang sejenis memiliki nilai yang sama.

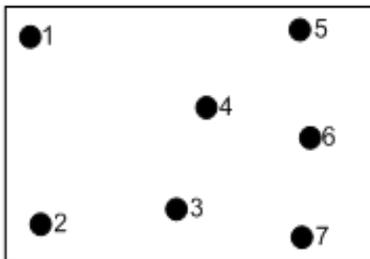
(e) Lokasi

Dalam model data raster, lokasi diidentifikasi dengan menggunakan pasangan koordinat kolom dan baris (x,y). Lokasi atau posisi koordinat geografi (geodetik) yang sebenarnya di permukaan bumi dari beberapa piksel yang terletak di sudut-sudut citra raster juga diketahui melalui proses pengikatan.

4.4.3. Model Data Vektor

Model data vektor merupakan model data yang paling banyak digunakan, model ini berbasiskan pada titik (points) dengan nilai koordinat (x,y) untuk membangun obyek spasialnya. Obyek yang dibangun terbagi menjadi tiga bagian lagi yaitu berupa titik (point), garis (line), dan area (polygon).

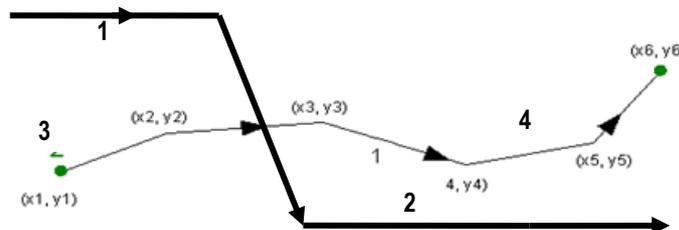
- **Titik (point):** Titik merupakan representasi grafis yang paling sederhana pada suatu obyek. Titik tidak mempunyai dimensi tetapi dapat ditampilkan dalam bentuk simbol baik pada peta maupun dalam layar monitor. Contoh: Lokasi Fasilitas Kesehatan, Lokasi Menara BTS, Lokasi Sumur Minyak, dll.



ID	Nama	Lokasi
1	BTS 1	Kec. Bogor Barat
2	BTS 2	Kec. Bogor Barat
3	BTS 3	Kec. Bogor Tengah
4	BTS 4	Kec. Bogor Tengah
5	BTS 5	Kec. Bogor Timur
6	BTS 6	Kec. Bogor Timur
7	BTS 7	Kec. Bogor Timur

Representasi Obyek Titik

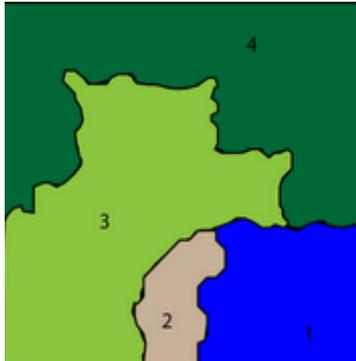
- **Garis (line):** Garis merupakan bentuk linear yang menghubungkan dua atau lebih titik dan merepresentasikan obyek dalam satu dimensi. Contoh: Jalan, Sungai, Jaringan Pipa dll.



Representasi Obyek Garis

ID	Status Jalan	Kondisi
1	Jalan Nasional	Baik
2	Jalan Nasional	Sedang
3	Jalan Kabupaten	Rusak
4	Jalan Kabupaten	Rusak

- **Area (Poligon):** Poligon merupakan representasi obyek dalam dua dimensi. Contoh: Batas Administrasi Wilayah Kabupaten, Kecamatan, Desa, Persil Tanah, Laut, Hutan, Perkotaan, dll.



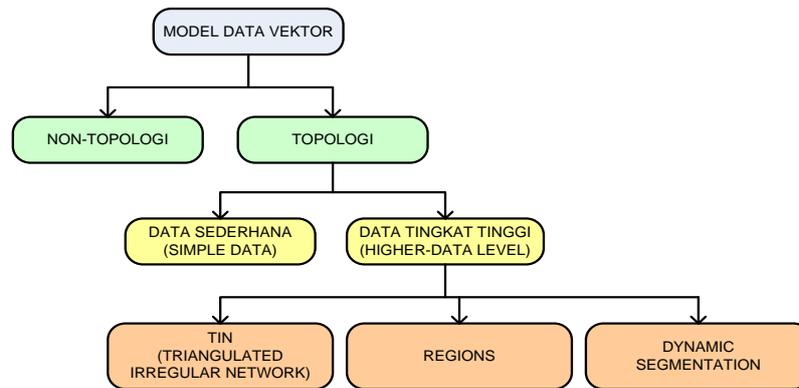
ID	Guna Lahan	Luas (Ha)
1	Laut	35
2	Hutan Bakau	18
3	Pemukiman	65
4	Hutan	90

- **Model data Spaghetti:** Model data vektor dikenal pula sebagai model data spaghetti. Pada model ini, lembaran peta kertas ditranslasikan garis-demi-garis ke dalam list koordinat (x,y) dalam format digital. Sebuah titik dikodekan sebagai pasangan koordinat (x,y) tunggal. Sebuah garis dikodekan sebagai list atau string pasangan koordinat (x,y). Sementara area atau luasan dikodekan sebagai poligon dan direkam sebagai pasangan koordinat closed-loop yang didefinisikan batas-batasnya. Model data ini merupakan ekspresi peta dalam sistem koordinat kartesian. File data koordinat (x,y) merupakan struktur data yang sebenarnya data spasial disimpan dalam sistem komputer.

Model data spaghetti sangat tidak efisien untuk kebanyakan tipe analisis spasial yang diperlukan oleh SIG. Hal ini dikarenakan hampir semua tipe analisis spasial dalam SIG harus diturunkan dengan menggunakan proses komputasi. Walaupun demikian, model ini sangat efisien untuk reproduksi peta secara digital karena informasi yang tidak berhubungan dengan masalah proses plotting dan reproduksi (misalnya hubungan spasial dan topologi) tidak turut direkam dan diproses sama sekali.

Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4-11, model data vektor terbagi menjadi beberapa bagian, diantaranya:

- Topologi, biasa digunakan dalam analisis spasial dalam SIG. Topologi merupakan model data vektor yang menunjukkan hubungan spasial diantara obyek spasial. Salah satu contoh adalah bahwa persimpangan diantara dua garis dipertemukan dalam bentuk titik, dan kedua garis tersebut secara eksplisit dalam atributnya mempunyai informasi sebelah kiri dan sebelah kanan.
- Topologi sangat berguna pada saat melakukan deteksi kesalahan pada saat proses digitasi. Selain itu berguna pula dalam melakukan proses analisis spasial yang bersifat kompleks dengan melibatkan data spasial yang cukup besar ukuran filenya. Salah satu contoh analisis spasial yang dapat dilakukan dalam format topologi adalah proses tumpang tindih (overlay) dan analisis jaringan (network analysis) dalam SIG.



Gambar 4-11 Kategori Model Data Vektor

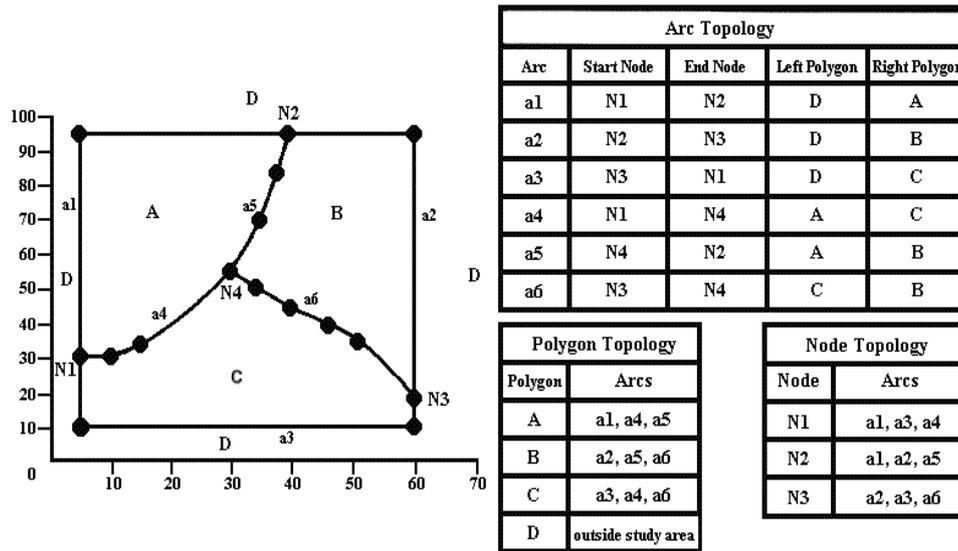
- Non Topologi, merupakan model data yang mempunyai sifat yang lebih cepat dalam menampilkan, dan yang paling penting dapat digunakan secara langsung dalam perangkat lunak (software) SIG yang berbeda-beda. Non-topologi digunakan dalam menampilkan atau memproses data spasial yang sederhana dan tidak terlalu besar ukuran filenya. Pengguna hendaknya dapat mengetahui dengan jelas dari kedua format ini. Sebagai contoh dalam format produk ESRI, yang dimaksud dengan format non-topologi adalah dalam bentuk *shapefile*, sedangkan format dalam bentuk topologi adalah *coverage*.
- Model data vektor dalam topologi lebih jauh lagi dapat dikembangkan dalam dua kategori, yaitu Data Sederhana (Simple Data) yang merupakan representasi data yang mengandung tiga jenis data (titik, garis, poligon) secara sederhana. Sedangkan Data Tingkat Tinggi (Higher Data Level), dikembangkan lebih jauh dalam melakukan pemodelan secara tiga dimensi (3 Dimensi/3D). Model tersebut adalah dengan menggunakan TIN (Triangulated Irregular Network). Model TIN merupakan suatu set data yang membentuk segitiga dari suatu data set yang tidak saling bertampalan. Pada setiap segitiga dalam TIN terdiri dari titik dan garis yang saling terhubung sehingga membentuk segitiga. Model TIN sangat berguna dalam merepresentasikan ruang (spasial) dalam bentuk 3D, sehingga dapat mendekati kenyataan di lapangan. Salah satu diantaranya adalah dalam membangun Model Permukaan Bumi Digital (Digital Terrain Model/DTM).
- Region, merupakan sekumpulan poligon, dimana masing-masing poligon tersebut dapat atau tidak mempunyai keterkaitan diantaranya akan tetapi saling bertampalan dalam satu data set.
- Segmentation, adalah model data yang dibangun dengan menggunakan segmen garis dalam rangka membangun model jaringan (network).

4.4.4. Model Data Vektor dan Topologi

Topologi adalah konsep atau metode matematis yang digunakan dalam mendefinisikan hubungan spasial diantara unsur-unsurnya. Hubungan topologi merupakan properties inherent yang dimiliki oleh setiap objek atau entiti geometri atau spasial.

1. Hubungan topologi

Topologi merupakan hubungan penting yang harus dipertahankan dalam basis data spasial. Struktur datanya menentukan bagaimana dan dimana titik dan garis berhubungan satu sama lainnya pada satu node.



Gambar 4-12 Topologi Arc, Polygon dan Node

Langkah-langkah pengkodean hubungan topologi dalam basis data, sbb:

- 1) Merekam lokasi semua node yang merupakan titik-titik (endpoints) dan perpotongan-perpotongan garis (arcs) dan batas-batas (boundaries)
- 2) Berdasarkan nodes ini, kemudian mendefinisikan Arcs dengan menggunakan informasi: endpoint (nodes), arah (direction), dan orientasi vektor yang direpresentasikan oleh arahnya.
- 3) Poligon-poligon didefinisikan dengan menggunakan Arcs; dengan melakukan tracing batas-batasnya searah dengan perputaran jarum jam, merekam komponen Arc beserta orientasinya, memberikan tanda negative pada Arcs yang mendefinisikan batas-batas internal.
- 4) Jika suatu **arc** merupakan salah satu sisi study area, **arc** tersebut dibatasi oleh universe (alam semesta) atau outer world (dunia luar). Dengan contiguity (keterhubungan dengan unsur-unsur geometri yang bersebelahan) ini, SIG dapat menjawab pertanyaan mengenai konektivitas dan lokasi seperti: poligon mana yang berdampingan atau bersebelahan (adjoin) dengan poligon A; rute terpendek mana yang menghubungkan dari node 3 ke node 2; poligon mana yang dilalui secara langsung dari poligon B disepanjang arc D, dan sebagainya.

2. Membangun Topologi

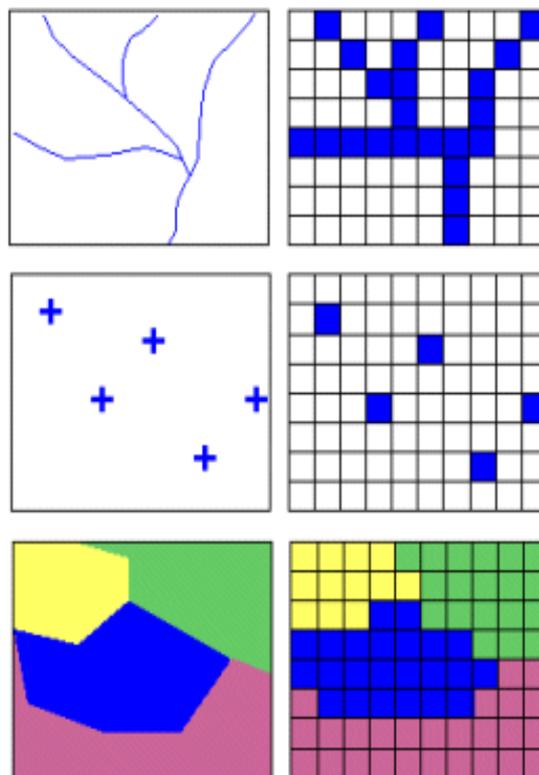
Konstruksi topologi yang melibatkan bentuk-bentuk poligon yang rumit memerlukan beberapa langkah pembangunan topologi. Contoh: untuk merepresentasikan sebuah pulau kecil yang terdapat dalam danau atau danau kecil yang terdapat di dalam batas administrasi, direpresentasikan dengan poligon yang memiliki poligon kecil di dalamnya. Langkah-langkah tersebut antara lain:

- 1) Menghubungkan arc ke dalam jaringan batas-batas poligon. arc diurutkan sesuai dengan koordinatnya, sehingga arc yang berdekatan satu sama lain secara topologi juga disimpan berdekatan di dalam file datanya.

- 2) Memeriksa closure setiap poligon. Closure jaringan poligon secara keseluruhan diperiksa dengan melakukan scanning terhadap koordinat-koordinat akhir arc hasil penyesuaian untuk mengetahui apakah arc ybs memiliki pointer dari dan ke paling sedikit satu arc lainnya.
- 3) Menghubungkan arc ke poligon-poligon. Membuat poligon sampel (penutup) dari batas luar peta.
- 4) Menghitung luas poligon. Metode yang pada umumnya digunakan untuk keperluan ini adalah rumus trapesoid.
- 5) Menghubungkan atribut-atribut ke dalam poligon. Untuk melengkapi basisdata spasial, poligon-poligon harus direlasikan dengan atribut-atributnya. Hal ini dilakukan dengan cara memasukan teks atau label nomor pengenal ke dalam setiap poligon.

4.4.5. Perbandingan Model Data Raster dan Model Data Vektor

Kedua model data spasial yang telah disebutkan diatas (raster dan vektor) mempunyai karakteristik yang berbeda dalam mengaplikasikannya. Hal ini sangat bergantung pada tujuan, analisis, sistem dan aplikasi yang akan digunakan.



Gambar 4-13 Perbandingan Model Data Vektor dan Model Data Raster

Tabel berikut ini memperlihatkan perbandingan diantara kedua model tersebut.

Tabel 4-1 : Perbandingan Struktur Data Vektor dan Raster

Parameter	Vektor	Raster
Akurasi	Akurat dan lebih presisi	Sangat bergantung dengan ukuran grid/sel
Atribut	Relasi langsung dengan DBMS (database)	Grid/sel merepresentasikan atribut. Relasi dengan DBMS tidak secara langsung
Kompleksitas	Tinggi. Memerlukan algoritma dan proses yang sangat kompleks	Mudah dalam mengorganisasi dan proses
Output	Kualitas tinggi sangat bergantung dengan plotter/printer dan kartografi	Bergantung terhadap output printer/plotter
Analisis	Spasial dan atribut terintegrasi. Kompleksitasnya sangat tinggi	Bergantung dengan algoritma dan mudah untuk dianalisis
Aplikasi dalam Remote Sensing	Tidak langsung, memerlukan konversi	Langsung, analisis dalam bentuk citra sangat dimungkinkan
Simulasi	Kompleks dan sulit	Mudah untuk dilakukan simulasi
Input	Digitasi, dan memerlukan konversi dari scanner	Sangat memungkinkan untuk diaplikasikan dari hasil konversi dengan menggunakan scan
Volume	Bergantung pada kepadatan dan jumlah verteks	Bergantung pada ukuran grid/sel
Resolusi	Beragam-macam	Tetap

Sumber : *Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (1996)* dan *A. Longley, et al. (2001)*

5 Data Penginderaan Jauh

5.1. Pendahuluan

Teknologi penginderaan jauh (remote sensing) berkembang dengan pesat sejak eksplorasi antariksa berlangsung sekitar tahun 1960-an dengan mengorbitnya satelit-satelit Gemini, Apollo, Sputnik, Solyus. Kamera yang mengambil gambar permukaan bumi dari satelit memberikan informasi berbagai gejala dipermukaan bumi seperti geologi, kehutanan, kelautan dan sebagainya. Teknologi pemotretan udara yang berkembang bersamaan dengan era eksplorasi antariksa seperti sistim kamera majemuk, multispectral scanner, vidicon, radiometer, spectrometer diikuti sertakan dalam misi antariksa tersebut pada tahap berikutnya.

Pada tahun 1972 satelit ERTS-1 (sekarang dikenal dengan Landsat) untuk pertama kali diorbitkan Amerika Serikat. Satelit ini dikenal dengan satelit sumber alam karena fungsinya adalah untuk memetakan potensi sumber alam dan memantau kondisi lingkungan. Para praktisi dari berbagai bidang ilmu mencoba memanfaatkan data Landsat untuk menunjang program pemetaan, dalam waktu singkat disimpulkan bahwa data satelit tersebut potensial untuk menunjang program pemetaan dalam lingkup sangat luas. Sejak itu berbagai satelit sejenis diorbitkan oleh negara-negara maju lain, seperti SPOT oleh Perancis, IRS oleh India, MOSS dan Adeos oleh Jepang, ERS-1 oleh MEE (Masyarakat Ekonomi Eropa) dan Radarsat oleh Kanada.

Pada sekitar tahun 2000 sensor berketelitian tinggi yang semula merupakan jenis sensor untuk mata-mata/intelligence telah pula dipakai untuk keperluan sipil dan diorbitkan melalui satelit-satelit Quickbird, Ikonos, Orbimage-3, sehingga obyek kecil di permukaan bumi dapat pula direkam. Penggunaan data satelit penginderaan jauh di bidang kebumihan telah banyak dilakukan di negara maju untuk keperluan pemetaan geologi, eksplorasi mineral dan energi, bencana alam dan sebagainya. Di Indonesia penggunaan dalam bidang kebumihan belum sebanyak di luar negeri karena berbagai kendala, diantaranya data satelit cukup mahal, memerlukan software khusus dan paling utama adalah ketersediaan sumberdaya manusia yang terampil sangat terbatas. Dalam pembahasan ini akan lebih ditekankan pada pengenalan informasi geologi dan kondisi lingkungan geologi yang dalam beberapa hal berkaitan dengan penggunaan data satelit penginderaan jauh.

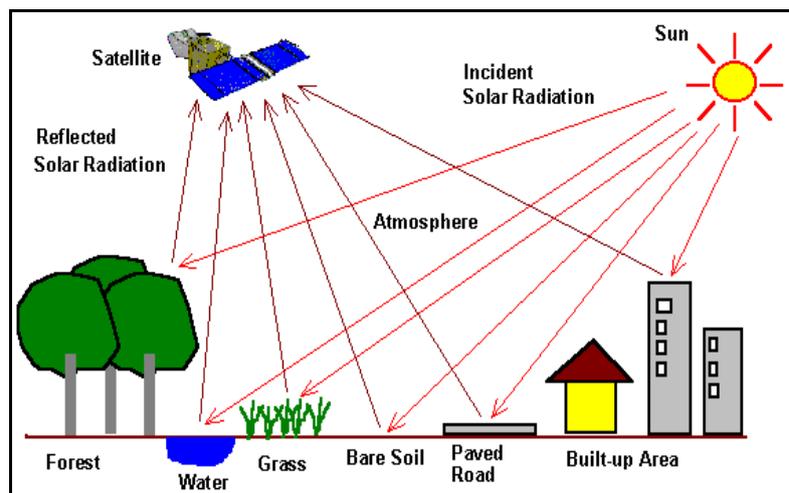
5.2. Prinsip Dasar

Penginderaan jauh didefinisikan sebagai suatu metoda untuk mengenal dan menentukan obyek dipermukaan bumi tanpa melalui kontak langsung dengan obyek tersebut. Banyak pakar memberi batasan, penginderaan jauh hanya mencakup pemanfaatan gelombang elektromagnetik saja, sedangkan penginderaan yang memanfaatkan sifat fisik bumi seperti kemagnetan, gaya berat dan seismik tidak termasuk dalam klasifikasi ini. Namun sebagian pakar memasukkan pengukuran sifat fisik bumi ke dalam lingkup penginderaan jauh. Di bawah ini akan disinggung secara singkat mengenai gelombang elektromagnetik,

pembagian dalam selang panjang gelombang (spectral range), mengapa dipakai dalam sistem perekaman citra dan bagaimana responnya terhadap benda di permukaan bumi.

5.2.1. Komponen Dasar

Empat komponen dasar dari sistem Penginderaan Jauh adalah target, sumber energi, alur transmisi, dan sensor (gambar 5-1). Komponen dalam sistem ini berkerja bersama untuk mengukur dan mencatat informasi mengenai target tanpa menyentuh obyek tersebut. Sumber energi yang menyinari atau memancarkan energi elektromagnetik pada target mutlak diperlukan. Energi berinteraksi dengan target dan sekaligus berfungsi sebagai media untuk meneruskan informasi dari target kepada sensor. Sensor adalah sebuah alat yang mengumpulkan dan mencatat radiasi elektromagnetik. Setelah dicatat, data akan dikirimkan ke stasiun penerima dan diproses menjadi format yang siap pakai, diantaranya berupa citra. Citra ini kemudian diinterpretasi untuk menyarikan informasi mengenai target. Proses interpretasi biasanya berupa gabungan antara visual dan automatic dengan bantuan computer dan perangkat lunak pengolah citra.



Gambar 5-1. Komponen Penginderaan Jauh: 1. Sumber Energi (matahari); 2. Target (obyek di permukaan bumi); 3. Atmosfir (media transmisi); dan 4. Sensor (alat perekam).

5.2.2. Teknologi Penginderaan Jauh

Sebuah platform Penginderaan Jauh dirancang sesuai dengan beberapa tujuan khusus. Tipe sensor dan kemampuannya, platform, penerima data, pengiriman dan pemrosesan harus dipilih dan dirancang sesuai dengan tujuan tersebut dan beberapa faktor lain seperti biaya, waktu dan sebagainya.

1. Resolusi sensor

Rancangan dan penempatan sebuah sensor terutama ditentukan oleh karakteristik khusus dari obyek yang ingin dipelajari dan informasi yang diinginkan dari obyek tersebut. Setiap aplikasi Penginderaan Jauh mempunyai kebutuhan khusus mengenai luas cakupan area, frekuensi pengukuran dan tipe energi yang akan dideteksi. Oleh karena itu, sebuah sensor harus mampu memberikan resolusi spasial, spectral dan temporal yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi.

- **Resolusi spasial** menunjukkan tingkat kerincian/ketelitian suatu obyek yang ditangkap oleh sensor. Semakin rinci suatu obyek maka akan semakin tinggi pula

resolusi spasial yang diperlukan. Sebagai contoh, pemetaan penggunaan lahan memerlukan resolusi spasial lebih tinggi daripada sistem pengamatan cuaca berskala besar.

- **Resolusi spektral** menunjukkan lebar kisaran dari masing-masing band spektral yang diukur oleh sensor. Untuk mendeteksi kerusakan tanaman dibutuhkan sensor dengan kisaran band yang sempit pada bagian merah.
- **Resolusi temporal** menunjukkan interval waktu antar dua pengukuran yang berurutan. Untuk memonitor perkembangan kebakaran hutan maka diperlukan pengukuran setiap jam, sedangkan untuk memonitor produksi tanaman membutuhkan pengukuran setiap musim, sedangkan pemetaan geologi hanya membutuhkan sekali pengukuran.

2. Platform

- **Ground-Based Platforms:** sensor diletakkan di atas permukaan bumi dan tidak berpindah-pindah. Sensornya biasanya sudah baku seperti pengukur suhu, angin, pH air, intensitas gempa dll. Biasanya sensor ini diletakkan di atas bangunan tinggi seperti menara.
- **Aerial platforms:** biasanya diletakkan pada pesawat terbang, meskipun platform airborne lain seperti balon udara, helikopter dan roket juga bisa digunakan. Digunakan untuk mengumpulkan citra yang sangat detail dari permukaan bumi dan hanya ditargetkan ke lokasi tertentu. Dimulai sejak awal 1900-an.
- **Satellite Platforms:** sejak awal 1960 an sensor mulai diletakkan pada satelit yang diposisikan pada orbit bumi dan teknologinya berkembang pesat sampai sekarang. Banyak studi yang dulunya tidak mungkin menjadi mungkin.

3. Komunikasi dan pengumpulan data

Pengiriman data yang dikumpulkan dari sebuah sistem Penginderaan Jauh kepada pemakai kadang-kadang harus dilakukan dengan sangat cepat. Oleh karena itu, pengiriman, penerimaan, pemrosesan dan penyebaran data dari sebuah sensor satelit harus dirancang dengan teliti untuk memenuhi kebutuhan pemakai. Pada ground-based platforms, pengiriman menggunakan sistem komunikasi ground-based seperti radio, transmisi microwave atau computer network. Bisa juga data disimpan pada platform untuk kemudian diambil secara manual. Pada aerial Platforms, data biasanya disimpan on board dan diambil setelah pesawat mendarat. Dalam hal satellite Platforms, data dikirim ke bumi yaitu kepada sebuah stasiun penerima.

Berbagai cara transmisi yang dilakukan:

1. langsung kepada stasiun penerima yang ada dalam jangkauan,
2. disimpan on board dan dikirimkan pada saat stasiun penerima ada dalam jangkauan, terus menerus, yaitu pengiriman ke stasiun penerima melalui komunikasi satelit berantai pada orbit bumi, atau
3. kombinasi dari cara-cara tersebut.

Data diterima oleh stasiun penerima dalam bentuk format digital mentah. Kemudian data tersebut akan diproses untuk pengkoreksian sistematik, geometrik dan atmosferik dan dikonversi menjadi format standard. Data kemudian disimpan dalam tape, disk atau CD. Data biasanya disimpan di stasiun penerima dan pemroses, sedangkan perpustakaan lengkap dari data biasanya dikelola oleh pemerintah ataupun perusahaan komersial yang berkepentingan.

4. Radiasi Elektromagnetik

Berangkat dari bahasan kita di atas mengenai komponen sistem Penginderaan Jauh, energi elektromagnetik adalah sebuah komponen utama dari kebanyakan sistem Penginderaan Jauh untuk lingkungan hidup, yaitu sebagai medium untuk pengiriman informasi dari target kepada sensor.

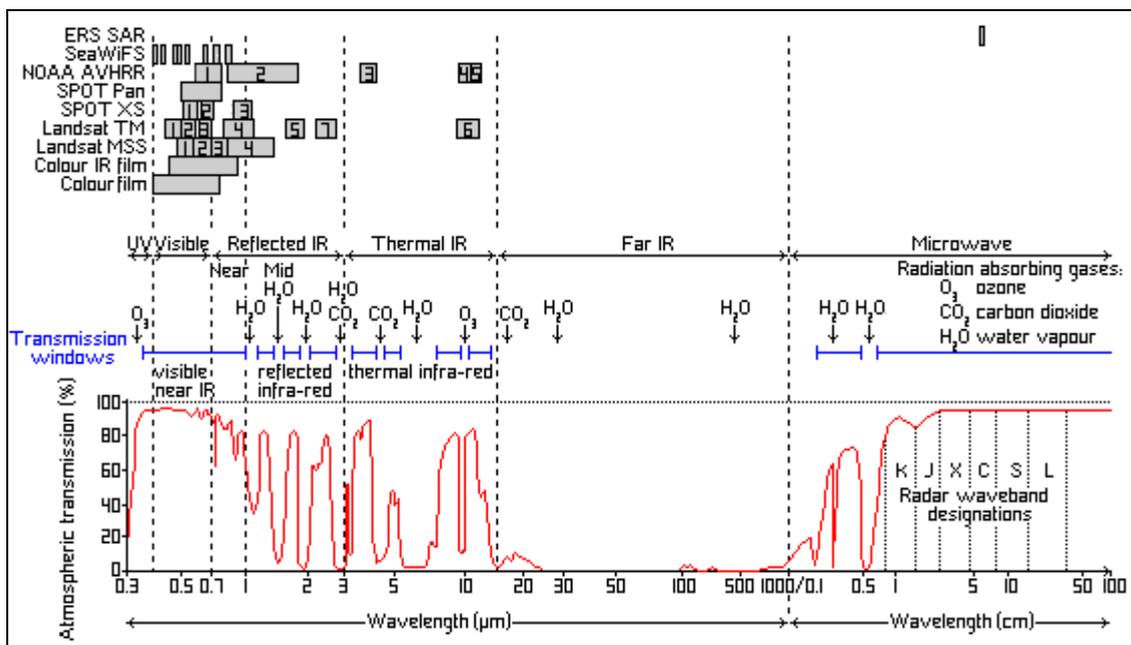
Energi elektromagnetik merambat dalam gelombang dengan beberapa karakter yang bisa diukur, yaitu: panjang gelombang/wavelength, frekuensi, amplitudo, kecepatan. Amplitudo adalah tinggi gelombang, sedangkan panjang gelombang adalah jarak antara dua puncak.

Frekuensi adalah jumlah gelombang yang melalui suatu titik dalam satu satuan waktu. Frekuensi tergantung dari kecepatan merambatnya gelombang. Karena kecepatan energi elektromagnetik adalah konstan (kecepatan cahaya), panjang gelombang dan frekuensi berbanding terbalik. Semakin panjang suatu gelombang, semakin rendah frekuensinya, dan semakin pendek suatu gelombang semakin tinggi frekuensinya.

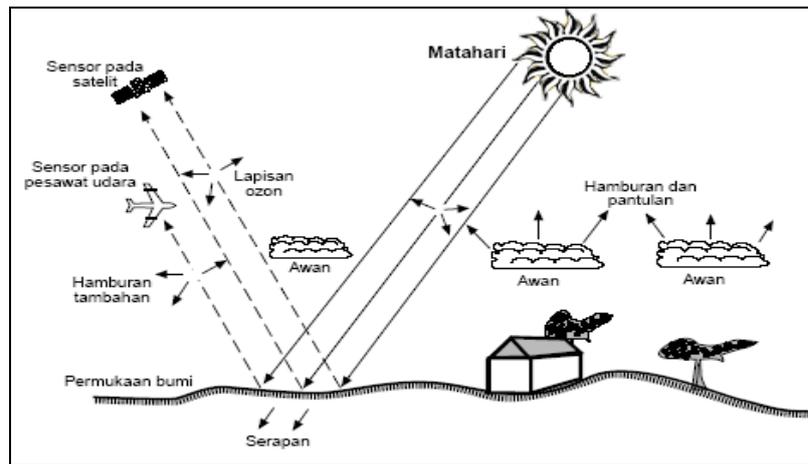
Energi elektromagnetik dipancarkan, atau dilepaskan, oleh semua masa di alam semesta pada level yang berbedabeda. Semakin tinggi level energi dalam suatu sumber energi, semakin rendah panjang gelombang dari energi yang dihasilkan, dan semakin tinggi frekuensinya. Perbedaan karakteristik energi gelombang digunakan untuk mengelompokkan energi elektromagnetik.

5. Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang merambat secara kontinu dalam gerak yang harmonis. Sumber dari gelombang ini secara alami adalah sinar matahari, selain dapat pula dibuat secara artifisial seperti pada penginderaan dengan gelombang radar (gelombang mikro). Selang panjang gelombang elektromagnetik mulai dari sekitar 0.3 nm sampai orde meter yang meliputi gelombang ultra ungu sampai radio (gambar 5-2).



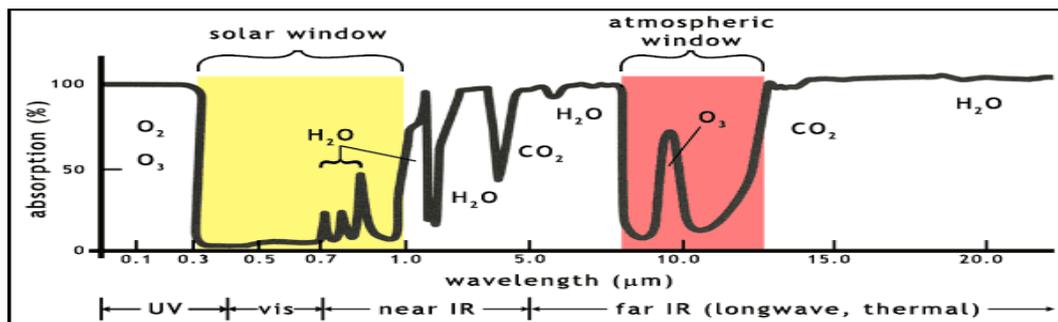
Gambar 5-2. Selang panjang gelombang elektromagnetik, Jendela Atmosfir dan Sistem Penginderaan Jauh (Film berwarna, Film Infra Merah, Landsat MSS, Landsat TM, SPOT, NOAA AVHRR, ERS SAR)



Gambar 5-3 Proses yang berlangsung di atmosfer selama gelombang menjalar ke permukaan bumi

Tidak semua gelombang elektromagnetik dapat dipakai dalam sistem perekaman data karena sebagian dari selang panjang gelombang tersebut tidak dapat diteruskan (ditransmit) ke permukaan bumi. Perambatan gelombang ke permukaan bumi dipengaruhi oleh proses yang terlihat pada gambar 5-3.

Penghalang yang membendung jalannya gelombang tersebut di antaranya adalah massa gas yang terdapat di atmosfer seperti O_2 , H_2O , CO_2 . Oleh karena itu ada celah-celah dimana transmisi gelombang berjalan penuh. Celah tersebut dikenal sebagai jendela atmosfer (atmospheric window) seperti dapat dilihat pada gambar 5-3. dan gambar 5-4.



Gambar 5-4. Jendela atmosfer dimana transmisi gelombang berjalan penuh

Berdasarkan distribusi jendela atmosfer tersebut sistem penginderaan jauh dipilih dan ditentukan secara operasional.

Susunan semua bentuk gelombang elektromagnetik berdasarkan panjang gelombang dan frekuensinya disebut spectrum elektromagnetik. Gambar spectrum elektromagnetik di bawah disusun berdasarkan panjang gelombang (diukur dalam satuan μm) mencakup kisaran energi yang sangat rendah, dengan panjang gelombang tinggi dan frekuensi rendah, seperti gelombang radio sampai ke energi yang sangat tinggi, dengan panjang gelombang rendah dan frekuensi tinggi seperti radiasi X-ray dan Gamma Ray.

- **Radio** : Radio energi adalah bentuk level energi elektromagnetik terendah, dengan kisaran panjang gelombang dari ribuan kilometer sampai kurang dari satu meter. Penggunaan paling banyak adalah komunikasi, untuk meneliti luar angkasa dan sistem radar. Radar berguna untuk mempelajari pola cuaca, badai, membuat peta 3D permukaan bumi, mengukur curah hujan, pergerakan es di

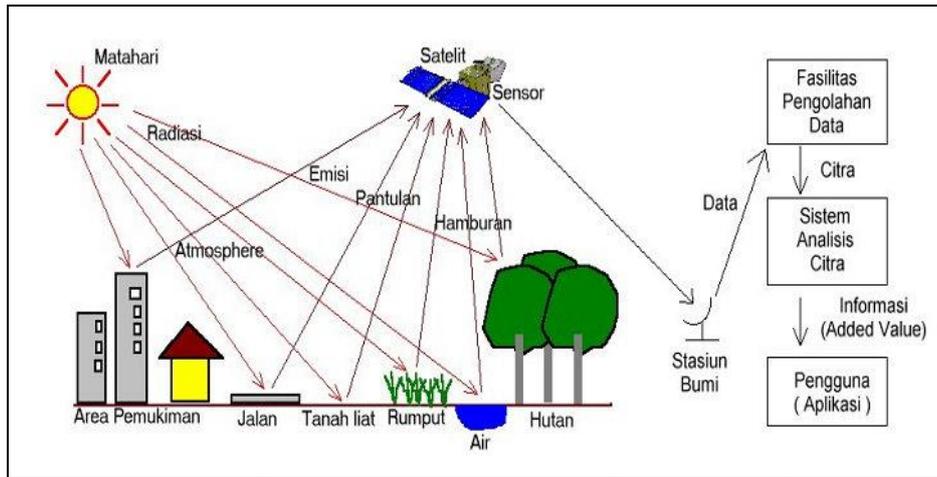
daerah kutub dan memonitor lingkungan. Panjang gelombang radar berkisar antara 0.8 – 100 cm.

- **Microwave** : Panjang gelombang radiasi microwave berkisar antara **0.3 – 300** cm. Penggunaannya terutama dalam bidang komunikasi dan pengiriman informasi melalui ruang terbuka, memasak, dan sistem Penginderaan Jauh aktif. Pada sistem Penginderaan Jauh aktif, pulsa microwave ditembakkan kepada sebuah target dan refleksinya diukur untuk mempelajari karakteristik target. Sebagai contoh aplikasi adalah Tropical Rainfall Measuring Mission's (TRMM) Microwave Imager (TMI), yang mengukur radiasi microwave yang dipancarkan dari atmosfer bumi untuk mengukur penguapan, kandungan air di awan dan intensitas hujan.
- **Infrared** : Radiasi infrared (IR) bisa dipancarkan dari sebuah obyek ataupun dipantulkan dari sebuah permukaan. Pancaran infrared dideteksi sebagai energi panas dan disebut thermal infrared. Energi yang dipantulkan hampir sama dengan energi sinar nampak dan disebut dengan reflected IR atau near IR karena posisinya pada spektrum elektromagnetik berada di dekat sinar nampak. Panjang gelombang radiasi infrared berkisar antara **0.7 – 300** μm , dengan spesifikasi: near IR atau reflected IR: **0.7 – 3** μm , dan thermal IR: **3 – 15** μm Untuk aplikasi Penginderaan Jauh untuk lingkungan hidup menggunakan citra Landsat, Reflected IR pada band 4 (near IR), band 5, 7 (Mid IR) dan thermal IR pada band 6, merupakan karakteristik utama untuk interpretasi citra.
- **Visible** : Posisi sinar nampak pada spectrum elektromagnetik adalah di tengah. Tipe energi ini bisa dideteksi oleh mata manusia, film dan detektor elektronik. Panjang gelombang berkisar antara **0.4 - 0.7** μm . Perbedaan panjang gelombang dalam kisaran ini dideteksi oleh mata manusia dan oleh otak diterjemahkan menjadi warna. Di bawah adalah contoh komposit dari citra Landsat Thematic Mapper.
- **Ultraviolet, X-Ray, Gamma Ray**: Radiasi ultraviolet, X-Ray dan Gamma Ray berada dalam urutan paling kiri pada spectrum elektromagnetik. Tipe radiasinya berasosiasi dengan energi tinggi, seperti pembentukan bintang, reaksi nuklir, ledakan bintang. Panjang gelombang radiasi ultraviolet berkisar antara 3 nm-0.4 μm , sedangkan X-Ray 0.03 – 3 nm, dan Gamma ray < 0.003nm. Radiasi UV bisa dideteksi oleh film dan detektor elektronik, sedangkan X-ray dan Gamma-ray diserap sepenuhnya oleh atmosfer, sehingga tidak bisa diukur dengan Penginderaan Jauh.

5.2.3. Sistem Penginderaan Jauh

Sistem penginderaan jauh mencakup beberapa komponen utama yaitu: (1). Sumber energi; (2). Sensor sebagai alat perekam data; (3). Stasiun bumi sebagai pengendali dan penyimpan data; (4). Fasilitas pemrosesan data; (5). Pengguna data.

Secara diagramatik diperlihatkan pada gambar 5-5. Sumber energi yang umum dipergunakan dalam sistem penginderaan jauh yang operasional saat ini adalah dari matahari yang dikenal sebagai "passive sensing" sebaliknya sistem "active sensing" dipakai dalam sistem "imaging radar".

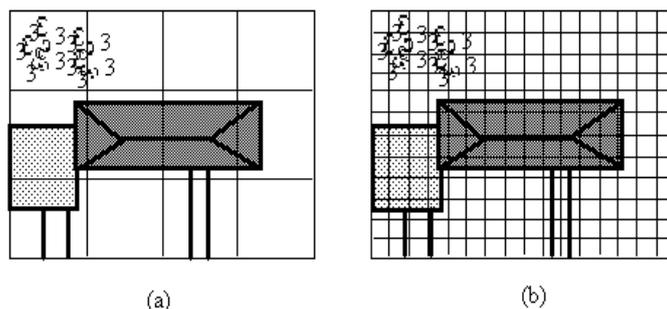


Gambar 5-5. Diagram sistim penginderaan jauh pada umumnya

Sensor yang dapat digunakan untuk perekam data dapat berupa multispectral scanner, vidicon atau multispectral camera. Rekaman data pada umumnya disimpan sementara di dalam alat perekam yang ditempatkan di satelit kemudian dikirimkan secara telemetri ke stasiun penerima bumi sebagai data mentah (raw data). Di stasiun bumi data mengalami pemrosesan awal (pre-processing) seperti proses kalibrasi radiometri, koreksi geometri sebelum dikemas dalam bentuk format baku yang siap untuk dipakai pengguna (users). Pengguna data pada umumnya adalah masyarakat umum dengan tidak ada pengecualian apakah militer, sipil, instansi pemerintah atau swasta. Pemesanan dapat dilakukan langsung kepada stasiun penerima (user services) atau melalui agen/distributor lain.

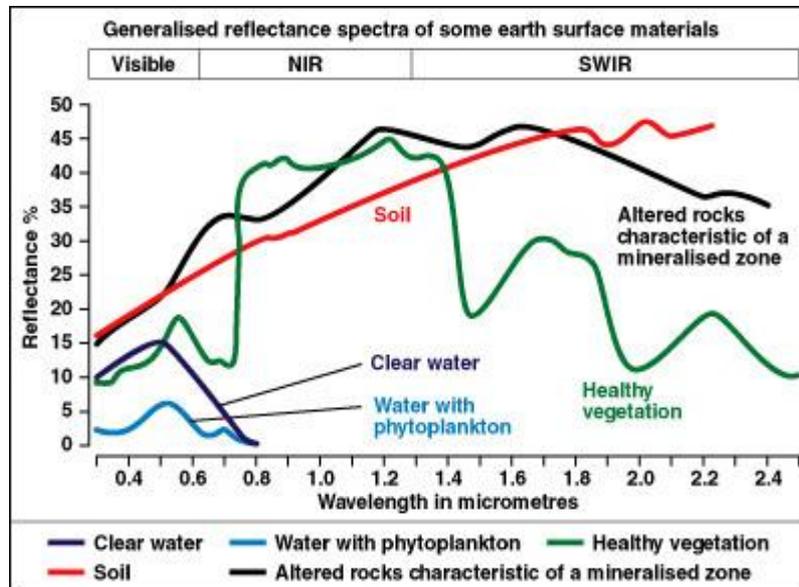
5.2.4. Data Penginderaan Jauh

Data penginderaan jauh pada umumnya berbentuk data digital yang merekam unit terkecil di dalam sistim perekam data. Unit terkecil ini dikenal dengan nama pixel (picture element) yang berupa koordinat 3 dimensi (x,y,z). Koordinat x,y menunjukkan lokasi unit tersebut dalam koordinat geografi dan y menunjukkan nilai intensitas pantul dari unit dalam tiap selang panjang gelombang yang dipakai. Nilai intensitas pantul berkisar antara 0 – 255 dimana 0 merupakan intensitas terendah (hitam) dan 255 intensitas tertinggi (putih). Ukuran pixel berbeda tergantung pada sistim yang dipakai, menunjukkan ketajaman/ketelitian dari data penginderaan jauh, atau yang dikenal dengan resolusi spasial. Makin besar nilai resolusi spasial suatu data makin kurang detail data tersebut dihasilkan, sebaliknya makin kecil nilai resolusi spasial makin detail data tersebut dihasilkan seperti dapat dilihat pada gambar 5-6.



Gambar 5-6. Gambaran perbedaan nilai resolusi spasial data penginderaan jauh.

Selain resolusi spasial data penginderaan jauh mengenal suatu istilah lain yaitu resolusi spektral. Data penginderaan jauh yang menggunakan satu "band" pada sensornya hanya akan memberikan satu data intensitas pantul pada tiap pixel. Apabila sensor menggunakan 5 band maka data pada tiap pixel akan menghasilkan 5 nilai intensitas yang berbeda. Dengan menggunakan banyak band (multiband) maka pemisahan suatu obyek dapat dilakukan lebih akurat berdasarkan nilai intensitas yang khas dari masing-masing band yang dipakai. Sebagai ilustrasi resolusi spektral diperlihatkan pada gambar 5-7.



Gambar 5-7. Diagram yang menunjukkan resolusi spektral dari data penginderaan jauh multispectral.

5.2.5. Pemrosesan Data

Karena data penginderaan jauh berupa data digital maka penggunaan data memerlukan suatu perangkat keras dan lunak khusus untuk pemrosesannya. Komputer PC dan berbagai software seperti ERMapper, ILWIS, IDRISI, ERDAS, PCI, ENVI dsb dapat dipergunakan sebagai pilihan. Untuk keperluan analisis dan interpretasi dapat dilakukan dengan dua cara: (1). Pemrosesan dan analisis digital dan (2). Analisis dan interpretasi visual. Kedua metoda ini mempunyai keunggulan dan kekurangan, seyogyanya kedua metoda dipergunakan bersama-sama untuk saling melengkapi.

Pemrosesan digital berfungsi untuk membaca data, menampilkan data, memodifikasi dan memproses, ekstraksi data secara otomatis, menyimpan, mendesain format peta dan mencetak. Sedangkan analisis dan interpretasi visual dipergunakan apabila pemrosesan data secara digital tidak dapat dilakukan dan kurang berfungsi baik. Pemrosesan secara digital lain sangat bervariasi seperti misalnya deteksi tepi (edge enhancements), filtering, histogram transformations, band ratioing, Principle Component Analysis (PCA), Classifications, penggunaan formula dan sebagainya. Disamping pemrosesan digital suatu metoda lain yang tidak dapat dikesampingkan adalah pemrosesan, interpretasi dan analisis secara visual. Cara seperti ini dilakukan seperti halnya diterapkan dalam interpretasi potret udara konvensional yang telah lama dilakukan sebelum era citra satelit diperkenalkan. Parameter interpretasi seperti pengenalan obyek berdasarkan bentuk, ukuran, pola dan tekstur topografi, struktur, rona warna dan sebagainya dipergunakan dalam mengenal dan membedakan obyek / benda antara satu dengan yang lain. Dalam bidang geologi interpretasi visual memegang peran sangat penting karena obyek-obyek geologi sukar sekali dipisahkan melalui pemrosesan secara digital.

5.2.6. Interaksi Energi

Gelombang elektromagnetik (EM) yang dihasilkan matahari dipancarkan (*radiated*) dan masuk ke dalam atmosfer bumi. Interaksi antara radiasi dengan partikel atmosfer bisa berupa penyerapan (*absorption*), pemencaran (*scattering*) atau pemantulan kembali (*reflectance*). Sebagian besar radiasi dengan energi tinggi diserap oleh atmosfer dan tidak pernah mencapai permukaan bumi. Bagian energi yang bisa menembus atmosfer adalah yang '*transmitted*'. Semua masa dengan suhu lebih tinggi dari 0 Kelvin (-273° C) mengeluarkan (*emit*) radiasi EM. Radiometer adalah alat pengukur level energi dalam kisaran panjang gelombang tertentu, yang disebut channel. Penginderaan Jauh multispectral menggunakan sebuah radiometer yang berupa deretan dari banyak sensor, yang masing masing peka terhadap sebuah channel atau band dari panjang gelombang tertentu. Data spectral yang dihasilkan dari suatu target berada dalam kisaran level energi yang ditentukan. Radiometer yang dibawa oleh pesawat terbang atau satelit mengamati bumi dan mengukur level radiasi yang dipantulkan atau dipancarkan dari benda-benda yang ada di permukaan bumi atau pada atmosfer. Karena masing masing jenis permukaan bumi dan tipe partikel pada atmosfer mempunyai karakteristik spectral yang khusus (atau spectral signature) maka data ini bisa dipakai untuk menyediakan informasi mengenai sifat target.

Pada permukaan yang rata, hampir semua energi dipantulkan dari permukaan pada suatu arah, sedangkan pada permukaan kasar, energi dipantulkan hampir merata ke semua arah. Pada umumnya permukaan bumi berkisar diantara ke dua ekstim tersebut, tergantung pada kekasaran permukaan. Contoh yang lebih spesifik adalah pemantulan radiasi EM dari daun dan air. Sifat klorofil adalah menyerap sebagian besar radiasi dengan panjang gelombang merah dan biru dan memantulkan panjang gelombang hijau dan near IR. Sedangkan air menyerap radiasi dengan panjang gelombang nampak tinggi dan near IR lebih banyak daripada radiasi nampak dengan panjang gelombang pendek (biru).

Pengetahuan mengenai perbedaan spectral signature dari berbagai bentuk di permukaan bumi memungkinkan kita untuk menginterpretasi citra. Tabel di sebelah kanan sangat berguna dalam menginterpretasi vegetasi dari citra Landsat TM. Ada dua tipe deteksi yang dilakukan oleh sensor: deteksi pasif dan aktif. Banyak bentuk Penginderaan Jauh yang menggunakan deteksi pasif, dimana sensor mengukur level energi yang secara alami dipancarkan, dipantulkan, atau dikirimkan oleh target. Sensor ini hanya bisa bekerja apabila terdapat sumber energi yang alami, pada umumnya sumber radiasi adalah matahari, sedangkan pada malam hari atau apabila permukaan bumi tertutup awan, debu, asap dan partikel atmosfer lain, pengambilan data dengan cara deteksi pasif tidak bisa dilakukan dengan baik.

Contoh sensor pasif yang paling dikenal adalah sensor utama pada satelit Landsat, Thematic Mapper, yang mempunyai 7 band atau channel. Sedangkan pada deteksi aktif, Penginderaan Jauh menyediakan sendiri sumber energi untuk menyinari target dan menggunakan sensor untuk mengukur refleksi energi oleh target dengan menghitung sudut refleksi atau waktu yang diperlukan untuk mengembalikan energi. Keuntungan menggunakan deteksi pasif adalah pengukuran bisa dilakukan kapan saja. Akan tetapi sistem aktif ini memerlukan energi yang cukup besar untuk menyinari target. Sebagai contoh adalah radar Doppler, sebuah sistem ground-based, radar presipitasi pada satelit Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), yang merupakan spaceborne pertama yang menghasilkan peta 3-D dari struktur badai.

Band 1 (0.45-0.52 μm ; biru) - berguna untuk membedakan kejernihan air dan juga membedakan antara tanah dengan tanaman.

Band 2 (0.52-0.60 μm ; hijau) - berguna untuk mendeteksi tanaman.

Band 3 (0.63-0.69 μm ; merah) - band yang paling berguna untuk membedakan tipe tanaman, lebih daripada band 1 dan 2.

Band 4 (0.76-0.90 μm ; reflected IR) - berguna untuk meneliti biomas tanaman, dan juga membedakan batas tanah-tanaman dan daratan-air.

Band 5 (1.55-1.75 μm ; reflected IR) – menunjukkan kandungan air tanaman dan tanah, berguna untuk membedakan tipe tanaman dan kesehatan tanaman. Juga digunakan untuk membedakan antara awan, salju dan es.

Band 7 (2.08-2.35 μm ; reflected IR) – berhubungan dengan mineral; rasion antara band 5 dan 7 berguna untuk mendeteksi batuan dan deposit mineral.

Band 6 (10.4-12.5 μm ; thermal IR) - berguna untuk mencari lokasi kegiatan geothermal, mengukur tingkat stress tanaman, kebakaran, dan kelembaban tanah.

Sumber: Sabins 1986

Gambar 5-8 Karakteristik Band pada Citra Landsat TM

5.3. Pengolahan Citra

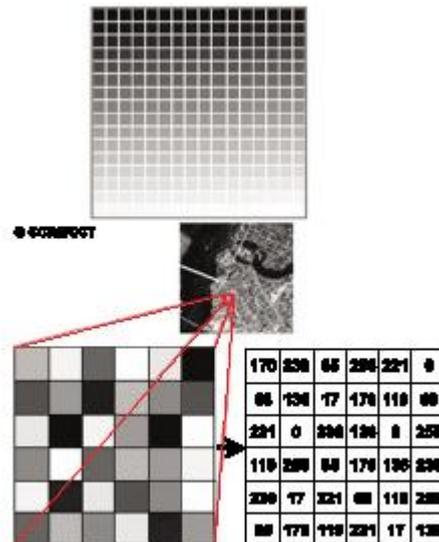
Berikut diuraikan secara singkat mengenai pengolahan citra, yang terdiri dari pengenalan terminologi dasar bagi pengolahan citra serta konsep dari yang umum dilakukan dalam pengolahan citra. Data permukaan bumi yang direkam oleh sensor yang ada dalam satelit kemudian dikirimkan ke stasiun penerima di bumi, sebelum data dapat dimanfaatkan maka data tersebut harus diproses dan diubah ke dalam format yang bisa diinterpretasi oleh peneliti. Untuk itu data harus diproses, ditajamkan dan dimanipulasi. Teknik-teknik tersebut dikenal dengan teknik pengolahan citra.

5.3.1. Mengubah data menjadi citra

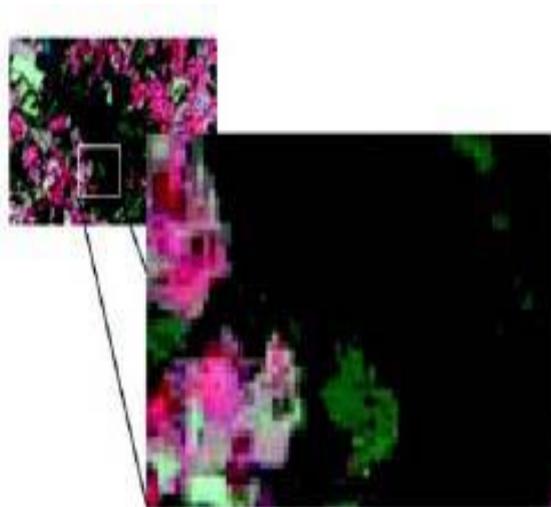
Data citra satelit dikirim ke stasiun penerima dalam bentuk format digital mentah yang berbentuk kumpulan data numerik. Unit terkecil dari data digital adalah bit, yaitu angka biner, 0 atau 1. Kumpulan dari data sejumlah 8 bit data adalah sebuah unit data yang disebut byte, dengan nilai dari 0 - 255. Dalam hal citra digital nilai level energi dituliskan dalam satuan byte. Kumpulan byte ini dengan struktur tertentu bisa dibaca oleh software dan disebut citra digital 8-bit.

5.3.2. Karakteristik citra

Pixel : (picture element) adalah sebuah titik yang merupakan elemen paling kecil pada citra satelit. Angka numerik (1byte) dari pixel disebut digital number (DN). DN bisa ditampilkan dalam warna kelabu, berkisar antara putih dan hitam (gray scale), tergantung level energi yang terdeteksi. Pixel yang disusun dalam order yang benar akan membentuk sebuah citra. Kebanyakan citra satelit yang belum diproses disimpan dalam bentuk gray scale, yang merupakan skala warna dari hitam ke putih dengan derajat keabuan yang bervariasi. Untuk Penginderaan Jauh, skala yang dipakai adalah 255 shade gray scale, dimana nilai 0 menggambarkan hitam, nilai 255 putih. Dua gambar di bawah ini menunjukkan derajat keabuan dan hubungan antara DN dan derajat keabuan yang menyusun sebuah citra.



Untuk citra multispectral, masing masing pixel mempunyai beberapa DN, sesuai dengan jumlah band yang dimiliki. Sebagai contoh, untuk Landsat 7, masing-masing pixel mempunyai 7 DN dari 7 band yang dimiliki. Citra bisa ditampilkan untuk masing-masing band dalam bentuk hitam dan putih maupun kombinasi 3 band sekaligus, yang disebut color composites. Gambar di bawah ini menunjukkan composite dari beberapa band dari potongan Landat 7 dan pixel yang menyusunnya.



5.3.3. Kekontrasan Citra

Kekontrasan adalah perbedaan antara kecerahan relatif (relatively brightness) antara sebuah benda dengan sekelilingnya pada citra. Sebuah bentuk tertentu mudah terdeteksi apabila pada sebuah citra kontras antara bentuk tersebut dengan latarbelakangnya / backgroundnya tinggi. Teknik pengolahan citra bisa dipakai untuk mempertajam kontras.

Citra, sebagai dataset, bisa dimanipulasi menggunakan algorithm (persamaan matematis). Manipulasi bisa merupakan pengkoreksian error, pemetaan kembali data terhadap suatu referensi geografi tertentu, ataupun mengekstrak informasi yang tidak langsung terlihat dari data. Data dari dua citra atau lebih pada lokasi yang sama bisa dikombinasikan secara matematis untuk membuat composite dari beberapa dataset.

Produk data ini disebut dengan Derived Products, bisa dihasilkan dengan beberapa perhitungan matematis atas data numerik mentah (DN)

5.3.4. Resolusi Citra

Resolusi dari sebuah citra adalah karakteristik yang menunjukkan level kedetailan yang dimiliki oleh sebuah citra. Resolusi didefinisikan sebagai area dari permukaan bumi yang diwakili oleh sebuah pixel sebagai elemen terkecil dari sebuah citra. Pada citra satelit pemantau cuaca yang mempunyai resolusi 1 km, masing-masing pixel mewakili rata-rata nilai brightness dari sebuah area berukuran 1x1 km. Bentuk yang lebih kecil dari 1 km susah dikenali melalui image dengan resolusi 1 km. Landsat 7 menghasilkan citra dengan resolusi 30 meter, sehingga jauh lebih banyak detail yang bisa dilihat dibandingkan pada citra satelit dengan resolusi 1 km. Resolusi adalah hal penting yang perlu dipertimbangkan dalam rangka pemilihan citra yang akan digunakan terutama dalam hal aplikasi, waktu, biaya, ketersediaan citra dan fasilitas komputasi. Gambar berikut menunjukkan perbandingan

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas citra dalam hal hambatan-hambatan untuk melakukan interpretasi dan klasifikasi yang diperlukan. Beberapa faktor penting, terutama untuk aplikasi kehutanan tropis adalah:

1. Tutupan awan. Terutama untuk sensor pasif, awan bisa menutupi bentuk-bentuk yang berada di bawah atau di dekatnya, sehingga interpretasi tidak dimungkinkan, Masalah ini sangat sering dijumpai di daerah tropis, dan mungkin diatasi dengan mengkombinasikan citra dari sensor pasif (misalnya Landsat) dengan citra dari sensor aktif (misalnya Radarsat) untuk keduanya saling melengkapi.
2. Bayangan topografis. Metode pengkoreksian yang ada untuk menghilangkan pengaruh topografi pada radiometri belum terlalu maju perkembangannya.
3. Pengaruh atmosferik. Pengaruh atmosferik, terutama ozon, uap air dan aerosol sangat mengganggu pada band nampak dan infrared. Penelitian akademis untuk mengatasi hal ini masih aktif dilakukan.
4. Derajat kedetailan dari peta tutupan lahan yang ingin dihasilkan. Semakin detail peta yang ingin dihasilkan, semakin rendah akurasi dari klasifikasi. Hal ini salah satunya bisa diperbaiki dengan adanya resolusi spectral dan spasial dari citra komersial yang tersedia.

Setelah citra dipilih dan diperoleh, langkah-langkah pemrosesan tidak terlalu tergantung sistem sensor dan juga software pengolahan citra yang dipakai. Berikut ini akan kami sampaikan dengan singkat beberapa langkah yang umum dilakukan, akan tetapi detail dari teknik dan ketrampilan menggunakan hanya bisa diperoleh dengan praktek langsung dengan menggunakan sebuah citra dan software pengolahan citra tertentu.

Langkah-langkah dalam pengolahan citra:

1. Mengukur kualitas data dengan descriptive statistics atau dengan tampilan citra.
2. Mengkoreksi kesalahan, baik radiometric (atmospheric atau sensor) maupun geometric.
3. Menajamkan citra baik untuk analisa digital maupun visual.
4. Melakukan survei lapangan.

Mengambil sifat tertentu dari citra dengan proses klasifikasi dan pengukuran akurasi dari hasil klasifikasi.

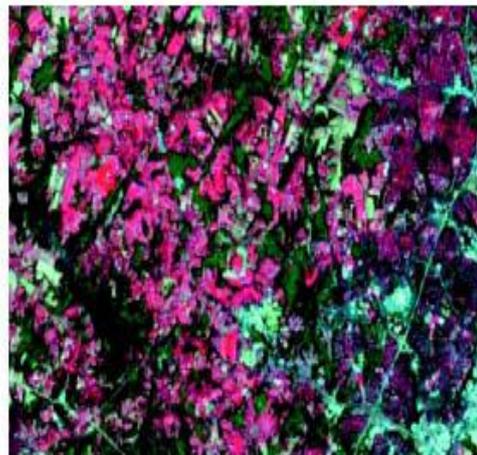
- Memasukkan hasil olahan ke dalam SIG sebagai input data.
- Menginterpretasikan hasil.

Mengamati citra pada layar adalah proses yang paling efektif dalam mengidentifikasi masalah yang ada pada citra, misalnya tutupan awan, kabut, dan kesalahan sensor. Citra bisa ditampilkan oleh sebuah komputer, baik per satu band dalam hitam dan putih maupun dalam kombinasi tiga band, yang disebut komposit warna. Mata manusia hanya bisa membedakan 16 derajat keabuan dalam sebuah citra, tetapi bisa membedakan berjuta-juta warna yang berbeda. Oleh karena itu, teknik perbaikan citra (image enhancement) yang paling sering digunakan adalah memberi warna tertentu kepada nilai DN tertentu (atau kisaran dari DN tertentu) sehingga meningkatkan kekontrasan antara nilai DN tertentu dengan pixel di sekelilingnya pada suatu citra. Sebuah citra true color adalah citra dimana warna yang diberikan kepada nilai-nilai DN mewakili kisaran spektral sebenarnya dari warna-warna yang digunakan pada citra.

False color adalah teknik dimana warna-warna yang diberikan kepada DN tidak sama dengan kisaran spektral dari warna-warna yang dipilih. Teknik ini memungkinkan kita untuk memberi penekanan pada bentuk-bentuk tertentu yang ingin kita pelajari menggunakan skema pewarnaan tertentu. Pada contoh dari false color di bawah ini yang dibuat dengan komposit 432 dari citra Landsat 7, vegetasi muda, yang memantulkan near IR, terlihat merah terang. Kegiatan pertanian yang terkonsentrasi akan mudah dideteksi dengan adanya warna merah terang. Kalau kita buat plot antara DN dan derajat keabuan untuk setiap pixel, garis yang terbentuk menggambarkan bentuk hubungan antara keduanya. Hubungan linier (seperti contoh di bawah ini) menunjukkan bahwa DN dan juga keabuan tersebar merata dalam kisaran nilai 0-255 pada citra.



Citra true color dari landsat 7

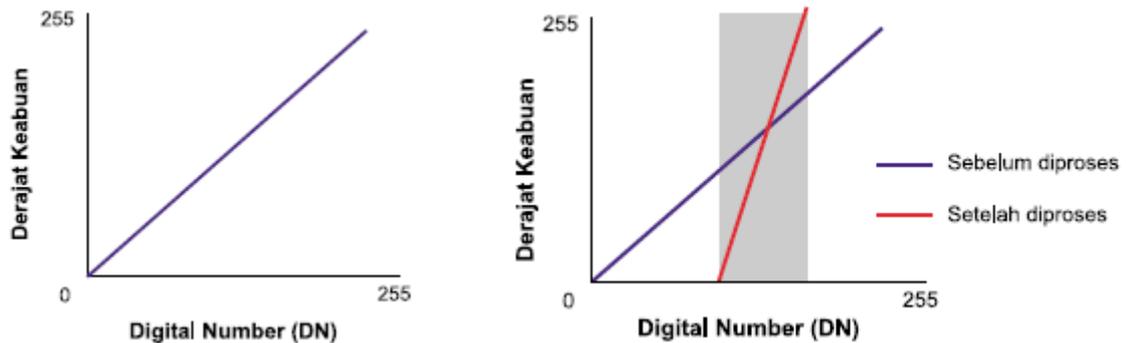


Citra false color

Permasalahan dengan hubungan linier seperti ini adalah bahwa nilai DN dari bentuk-bentuk yang ingin kita tonjolkan mungkin terkonsentrasi pada kisaran kecil, sehingga derajat keabuan yang diberikan kepada nilai DN di luar daerah yang ingin kita tonjolkan sebenarnya tidak terpakai. Untuk memperbaiki kontras dari bagian citra yang kita inginkan kita bisa memakai kurva perbaikan yang didefinisikan secara matematis. Kurva ini akan menyebarkan ulang nilai derajat keabuan yang paling sering dipakai sehingga menonjolkan kisaran DN tertentu. Pemakaian kurva untuk menonjolkan bentuk tertentu dan juga pemilihan 3 band dari sebuah citra multispektral untuk dikombinasikan dalam sebuah citra komposit memerlukan pengalaman dan 'trial and error', karena setiap aplikasi perlu menekankan bentuk yang berbeda dalam sebuah citra.

Sebelum sebuah citra bisa dianalisa, biasanya diperlukan beberapa langkah pemrosesan awal. Koreksi radiometric adalah salah satu dari langkah awal ini, dimana efek kesalahan sensor dan faktor lingkungan dihilangkan. Biasanya koreksi ini mengubah nilai DN yang terkena efek atmosferik. Data tambahan yang dikumpulkan pada waktu yang bersamaan

dengan diambilnya citra bisa dipakai sebagai alat kalibrasi dalam melakukan koreksi radiometric. Selain itu koreksi geometric juga sangat penting dalam langkah awal pemrosesan. Metode ini mengoreksi kesalahan yang disebabkan oleh geometri dari kelengkungan permukaan bumi dan pergerakan satelit. Koreksi geometric adalah proses dimana titik-titik pada citra diletakkan pada titik-titik yang sama pada peta atau citra lain yang sudah dikoreksi. Tujuan dari koreksi geometri adalah untuk meletakkan elemen citra pada posisi planimetric (x dan y) yang seharusnya



Satu langkah pemrosesan penting yang paling sering dilakukan pada pengolahan citra adalah klasifikasi, dimana sekumpulan pixel dikelompokkan menjadi kelas-kelas berdasarkan karakteristik tertentu dari masing-masing kelas. Terutama untuk proses klasifikasi, survei lapangan sangat diperlukan. Pada umumnya hasil klasifikasi inilah yang akan menjadi input yang sangat berharga bagi SIG untuk diolah dan diinterpretasi bersama layer-layer data yang lain.

5.3.5. Analisa Citra

Pengolahan citra Penginderaan Jauh akan diperkenalkan dengan menggunakan Image Analysis (IA) yang merupakan sebuah ekstension ArcView yang dibuat oleh ERDAS (developer dari perangkat lunak pengolahan citra Penginderaan Jauh yang banyak dipakai). Hasil pengolahan citra Penginderaan Jauh nantinya biasa dianalisa bersama sama dengan data SIG lain menggunakan ekstension Spatial Analyst seperti dibahas pada bab sebelumnya. Perlu diingat bahwa Image Analysis bukan merupakan sebuah perangkat lunak yang dirancang khusus untuk pengolahan citra melainkan hanya untuk memudahkan pengolahan citra sederhana dengan menggunakan platform ArcView. Untuk pengolahan citra lanjutan, pembaca disarankan untuk memakai dan menggunakan perangkat lunak yang khusus dirancang untuk hal tersebut.

Adapun hal-hal yang bisa dikerjakan oleh Image Analysis diantaranya adalah:

- Mengimpor citra (dalam bentuk data raster) untuk digunakan dalam ArcView.
- Mengklasifikasi sebuah citra menjadi beberapa kelas tipe penutupan lahan seperti vegetasi dll.
- Mempelajari beberapa citra dari periode pengambilan yang berbeda untuk menentukan area yang mengalami perubahan.
- Mencari daerah dengan tingkat kerapatan vegetasi tertentu dari sebuah citra.
- Menajamkan kenampakan sebuah citra dengan cara menyesuaikan kontras dan tingkat kecerahan atau dengan merentangkan histogram.
- Merektifikasi sebuah citra terhadap sebuah peta acuan supaya posisi koordinat lebih akurat.

5.4. Foto Udara

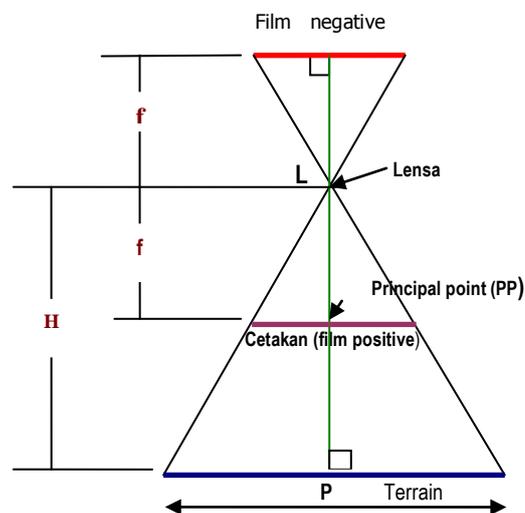
Teknik pemetaan dari foto udara adalah salah satu aspek yang terpenting dalam ilmu Fotogrametri / Penginderaan jauh. Fotogrametri / Penginderaan Jauh sendiri didefinisikan sebagai seni, sains, dan teknologi dalam memperoleh informasi yang andal (reliable) tentang obyek fisik dan lingkungan melalui proses rekaman, pengukuran, dan interpretasi citra dan pola radiasi elektromagnetis serta gejala lainnya.

Perbedaan diantara keduanya terletak pada kenyataan bahwa titik berat Fotogrametri adalah pada aspek pengukuran dimana letak obyek (lintang, bujur, ketinggian) yang dipetakan, sedangkan Penginderaan Jauh lebih tertarik pada pengenalan obyek apa (klasifikasi tanah, jenis tumbuhan, informasi geomorfologi, dll) yang akan dipetakan. Kedua cabang ilmu ini saling berkaitan erat dalam proses penyajian peta baik peta topografi maupun peta tematik sebagai produk akhirnya. Sedangkan pemakaian jenis sensor yang digunakan pada proses data akuisisi (Kamera Udara, Landsat, SPOT), pemrosesan citranya (analog atau digital), cara analisisnya, serta cara penyajian produk akhirnya (analog maupun digital) praktis tidak mempunyai perbedaan.

5.4.1. Geometri Foto Udara

Foto udara yang terekam pada film merupakan gambaran yang lengkap dari obyek yang timbul. Negative film yang diperoleh dapat direproduksi menjadi foto positif baik berupa diapositif maupun paper print yang diperoleh dengan cara pencetakan emulsi terhadap emulsi (emulsion on emulsion). Oleh karenanya geometri sebuah positif adalah sama persis dengan negatif yang terbalik, atau geometri sebuah positif sama persis dengan obyek ruangnya, kecuali skalanya. Secara geometris, sebuah positif adalah bayangan yang terletak pada jarak fokus di depan titik nodal depan sebuah kamera. Foto Udara umumnya diklasifikasikan berdasarkan orientasi dari sumbu optik kamera, Sumbu optik dapat diketahui dari garis sepanjang titik kamera. Sumbu optik menghubungkan titik pusat film dengan pusat lensa dan menerus melalui depan kamera hingga ke arah luar.

Foto udara tegak (vertikal) adalah foto yang diambil dari satu kamera dimana sumbu optik ke arah bawah membentuk sudut 90° atau tegak lurus terhadap permukaan tanah / terrain. Beberapa batasan dari foto udara vertikal mengijinkan bahwa selama pemotretan sumbu optik membentuk sudut beberapa derajat dari sumbu vertikal masih diklasifikasikan kedalam jenis foto vertikal.



Gambar 5-9 Geometri Foto Udara Tegak

Foto udara oblique adalah foto yang diambil melalui suatu kamera dimana posisi sumbu optik nya membentuk sudut dengan permukaan tanah / terrain. Pada gambar 5-9 memperlihatkan geometri foto udara tegak (vertikal) dan hubungan antara film negative, lensa kamera, film positive (cetakan), dan permukaan tanah / terrain. Skala foto sama dengan ratio antara panjang fokus kamera dengan dengan tinggi kamera (f/H). Titik N terletak tepat dibawah kamera dan disebut sebagai titik nadir, sedangkan titik "PP" adalah principal point (titik pusat) foto. Pada foto udara tegak, titik principal point dengan titik nadir berimpit dalam satu titik, sedangkan pada foto udara miring (oblique) kedua titik tersebut terpisah.

Skala foto pada hakekatnya mirip dengan skala peta. skala foto adalah berbanding jarak dua buah obyek di foto dengan jarak yang sesungguhnya di atas tanah. Perbedaannya, pada sebuah peta, skala akan sama disetiap titik karena peta adalah merupakan proyeksi ortogonal dari sebuah kenampakan di permukaan tanah. Sebaliknya, sebuah foto udara adalah hasil suatu proyeksi sentral yang mengakibatkan skala bervariasi sesuai dengan ketinggian titik tersebut terhadap suatu bidang referensi tertentu. Hanya bila daerah yang dipotret betul-betul datar saja (hal ini jarang terjadi) maka kaidah untuk menghitung skala peta itu berlaku untuk menghitung skala foto. Rumus untuk menghitung skala foto dengan demikian berbeda dari titik satu dengan titik lain seperti yang diberikan pada rumus berikut ini:

$$S_a = f / (H-h)$$

dimana : f = panjang fokus kamera
 H = ketinggian terbang pesawat
 h = ketinggian titik A terhadap bidang referensi (muka laut)
 S_a = skala pada titik A

Untuk mempermudah definisi skala foto untuk seluruh cakupan lembah foto atau bahkan seluruh daerah pemetaan yang mungkin tercakup atas ratusan foto, diberikan skala foto rata-rata yang diperoleh dengan menggunakan rumus diatas, akan tetapi dengan menggantikan h dengan h rata-rata.

5.4.2. Faktor Faktor Yang Berdampak Pada Foto

Faktor-faktor yang dapat berakibat pada gambar foto dapat dibedakan menjadi 2 (dua) kelompok: (a). Faktor kendali manusia yang relatif tetap, seperti panjang fokus lensa, tinggi terbang, kombinasi film dan filter, dan posisi sudut lensa; (b). Faktor variasi alam seperti warna dari obyek yang dipotret, posisi obyek terhadap sudut matahari, jumlah kabut di atmosfer, dan lain sebagainya.

1. Panjang Fokus dan Tinggi Terbang

Panjang fokus dan tinggi terbang harus dipertimbangkan secara bersamaan karena kedua faktor tersebut berhubungan dengan skala foto. Berkaitan dengan panjang fokus dan tinggi terbang , maka rata-rata skala suatu foto dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$S = f / H$$

dimana : S = Skala
 f = Panjang fokus lensa
 H = Tinggi terbang pesawat

Sebagai contoh apabila pemotretan diambil pada ketinggian 10.000 feet sedangkan panjang fokus lensa kamera adalah 6 inch (0.5 feet), maka skala foto adalah: $0.5 / 10.000 = 1 : 20.000$

2. Kombinasi Film dan Filter

Kenampakan gambar foto sangat mungkin dipengaruhi oleh sensitifitas film dan transmisi cahaya dalam pemakaian filter. Sensitifitas suatu emulsi film sangat dipengaruhi ketika film tersebut diproduksi sehingga semua atau sebagian spektrum sinar tampak dan sinar infra merah terekam oleh film. Demikian juga dengan panjang gelombang cahaya pantul dari suatu obyek pada kenyataannya dapat terekam karena sebagian dipengaruhi oleh kombinasi filter. Rekaman dari panjang gelombang cahaya yang terpilih sangat dipengaruhi oleh film dan filter. dan hal ini dapat berakibat pada hasil dari gambar foto, terutama berdampak pada rona warna dalam foto.

3. Sudut Lensa Kamera

Pada saat pemotretan, sudut lensa kamera sangat berpengaruh pada kurucut sinar yang masuk kedalam kamera melalui lensa kamera dan hal ini sangat penting karena akan berpengaruh pada pergeseran radial (radial displacement) dan pada perhitungan parallax (parallax measurement) dan hal tersebut akan berpengaruh pada aplikasi fotogrametri dalam penafsiran geologi. Lensa dengan panjang fokus yang besar (long-focal-length) yaitu lensa dengan panjang fokus lebih besar dari 6 inci (narrow angle) akan mempunyai sudut cakupan yang sempit dibandingkan dengan lensa yang memiliki panjang fokus kurang dari 6 inci (wide angle). Jadi, untuk menjaga agar supaya skala foto dan ukuran format foto, maka pemotretan harus menggunakan lensa dengan panjang fokus 6 inci atau lebih atau dengan menggunakan narrow angle yang terbang dengan ketinggian yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan lensa wide angle. Dalam kondisi ini maka "radial displacement" atau biasa disebut juga "relief displacement" (pergeseran relief) dari titik gambar yang sama akan lebih kecil apabila menggunakan "narrow angle", untuk menjaga skala dan ukuran format foto tetap maka kamera yang memiliki lensa narrow angle harus terbang lebih tinggi lagi.

Perbedaan parallax pada suatu obyek dengan ketinggian tertentu sebaliknya akan berpengaruh pada hasil dari perbedaan ketinggian terbang, perbedaan parallax secara langsung akan berkurang dengan meningkatnya ketinggian terbang pesawat untuk panjang fokus lensa yang tertentu. Dengan demikian, secara tidak langsung sudut lensa kamera tidak berdampak pada pengukuran parallax. Apabila ketinggian terbang pesawat tetap terjaga maka sudut lensa tidak akan berpengaruh terhadap pengukuran parallax pada satu titik gambar yang sama. Penyimpangan (distorsi) gambar/citra yang terjadi pada tepi foto yang diambil dengan menggunakan lensa wide angle akan lebih baik hasilnya dibandingkan apabila menggunakan lensa narrow angle.

4. Pergeseran Relief

Pergeseran relief timbul pada bayangan foto akibat efek topografi (relief) dari obyek, yaitu ketinggian suatu titik diatas atau di bawah suatu bidang referensi yang telah ditentukan. Terhadap suatu datum, pergeseran relief akan terjadi ke arah luar untuk titik yang mempunyai ketinggian positif (diatas bidang referensi) dan kearah dalam untuk yang mempunyai ketinggian negatif.

Rumus untuk menghitung pergeseran relatif adalah (Gambar 5-10 dan 5-11):

$$d = r h / H$$

dimana: r = jarak radial pada foto dari titik utama ke obyek yang bergeser;
 h = ketinggian titik yang bergeser;
 H = Tinggi terbang;
 d = Pergeseran relatif.

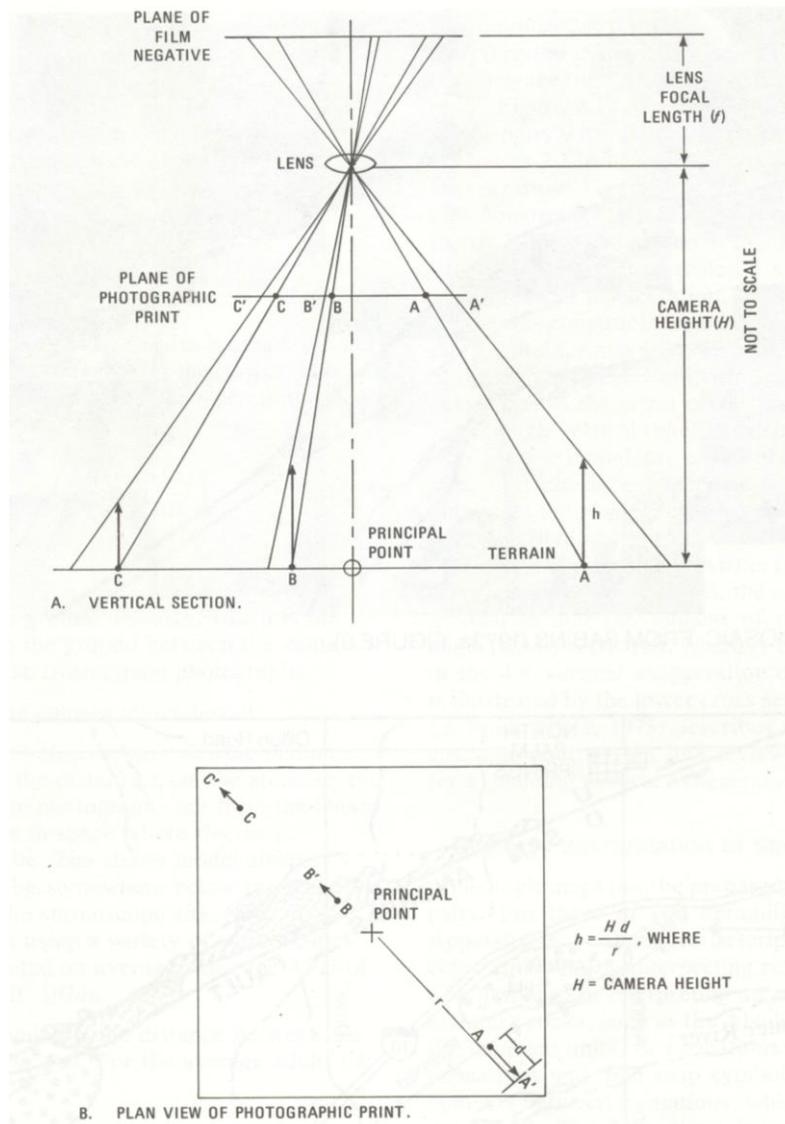


Gambar 5-10 Geometri pergeseran relief pada suatu potret udara

- Contoh Perhitungan Tinggi Bangunan Berdasarkan Pergeseran Relief

Apabila diketahui bahwa jarak antara titik pusat foto (principal point) ke obyek suatu bangunan adalah sebesar 32 cm dan panjang pergeseran relatif bangunan sebesar 4 cm serta tinggi terbang pesawat adalah 1200 meter, maka tinggi bangunan dapat dihitung dengan menggunakan rumus diatas, yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}h &= H \times d / r \\ &= (1200 \text{ m} \times 4 \text{ cm}) / 32 \text{ cm} \\ &= 1200 \text{ m} / 8 \\ &= 150 \text{ meter}\end{aligned}$$



Gambar 5-11 Foto Udara Tegak Long Beach, California yang memperlihatkan relief displacement

5. Paralax

Paralax adalah gerakan bayangan dari suatu obyek yang diam terhadap bayangan suatu obyek diam yang lain bila titik pengamatannya bergerak. Sebagai contoh sederhana dapat diberikan seperti berikut: Letakkan jari telunjuk anda pada jarak kira-kira 20 cm dari mata anda. Sekarang tutuplah mata anda bergantian, kiri dan kanan. Anda akan melihat seolah-olah jari telunjuk Anda bergerak relatif terhadap latar belakangnya. Gerakan inilah yang dinamakan paralax. Bila sekarang posisi jari telunjuk Anda semakin dekat dengan mata Anda, misalnya hanya 10 cm, gerakan paralax ini akan semakin besar, begitu pula sebaliknya.

Bila posisi mata kiri dan kanan ini dianalogikan dengan posisi kamera pada saat pemotretan untuk menghasilkan pasangan foto yang saling overlap (bertampalan) maka akan dapat ditarik kesimpulan bahwa suatu obyek yang terletak lebih tinggi (berarti dekat dengan permukaan kamera) akan mempunyai paralax yang lebih besar. Ini berarti, ada hubungan matematik antara besarnya paralax suatu obyek dengan ketinggian obyek tersebut terhadap suatu bidang referensi tertentu.

6 Kualitas Data SIG

6.1. Kualitas Data

6.1.1. Apa yang dimaksud dengan kualitas?

- Kualitas biasanya dipakai untuk mengindikasikan keunggulan (superioritas) dari suatu produk barang yang dibuat oleh pabrik manufaktur atau untuk mengindikasikan suatu tingkat kesempurnaan hasil kerajinan tangan atau karya seni. Kita mungkin mendefinisikan kualitas sebagai tingkat kesempurnaan dari suatu produk, pelayanan atau kinerja.
- Dalam dunia manufaktur, kualitas adalah tujuan yang ingin dicapai melalui manajemen dan pengendalian proses produksi.
- Banyak isu-isu yang sama diterapkan untuk kualitas basis data, selama basisdata merupakan hasil dari suatu proses produksi, dan merupakan nilai dari proses kepercayaan dan utilitas basisdata.

6.1.2. Mengapa kita harus memperhatikan kualitas data ?

- Dengan semakin meningkatnya data yang diproduksi oleh swasta, dimana standar kualitas tidak menjadi hal yang utama atau tidak begitu diperlukan. Sebaliknya, data yang dihasilkan oleh lembaga atau badan pemetaan nasional, seperti Bakosurtanal dan badan-badan lainnya yang memproduksi peta sudah sejak lama mengusulkan adanya standarisasi akurasi secara nasional.
- Dengan meningkatnya penggunaan SIG untuk pengambilan keputusan maka hal ini akan berimplikasi apabila menggunakan data yang kualitasnya rendah dan kemungkinan dapat berdampak sangat luas.
- Meningkatnya ketergantungan pada sumber data sekunder berkaitan dengan perkembangan internet, standarisasi transfer data serta data yang diterjemahkan sehingga data semakin mudah diperoleh dengan kualitas data yang semakin rendah.

6.1.3. Siapa yang menilai kualitas data ?

1. Standar Kualitas Minimum.

- Standar kualitas minimum adalah suatu bentuk pengendalian kualitas dimana penilaian kualitas data merupakan tanggungjawab dari pembuat data.
- Sebagai contoh adalah standar yang dikeluarkan oleh National Map Accuracy Standards (NMAS) yang diadopsi oleh US Geological Survey pada tahun 1946.
- Pendekatan ini tidak fleksibel; hasil pengujian dari beberapa kasus tertentu kemungkinan sangat terbatas.

2. Standar Metadata.

- Model ini dapat menampilkan error yang tidak dapat dihindarkan dan tidak untuk meminimalkan standar kualitas. Hal ini sebagai pengganti tanggungjawab kepada pengguna didalam penilaian terhadap data yang dipakai; Tanggungjawab produser adalah mendokumentasikan, seperti yang tertulis didalam label.
- Sebagai contoh adalah Spatial Data Transfer Standard (SDTS).
- Pendekatan ini fleksibel, tetapi tetap tidak ada unpan balik dari pengguna, karena hanya ada satu arah arus informasi sehingga kemampuan vendor untuk mengoreksi kesalahannya saja.

3. Standar Pasar.

- Model ini menggunakan aliran informasi dalam dua cara untuk mendapatkan umpan balik dari pengguna atas permasalahan kualitas data. Unpan balik dari pengguna diproses dan dianalisa untuk mengidentifikasi permasalahan dan prioritas perbaikannya.
- Sebagai contoh adalah Wizard untuk unpan balik pada Microsoft, suatu *software utility* yang memungkinkan pengguna melaporkan map error melalui email.
- Model ini sangat bermanfaat dalam kontek pemasaran untuk memastikan bahwa basisdata sesuai untuk pengguna, terutama kebutuhan dan harapan.

6.1.4. Apa dimensi dari kualitas data geografi?

Tampilan konvensional dari data geografi adalah data yang menyangkut keruangan (spasial) dan kita seringkali menggunakan istilah ini untuk data geografi. Data geografi atau data spasial seringkali saling dipertukarkan satu dan lainnya, sehingga hal ini sering menimbulkan masalah, karena:

1. Dapat mengabaikan sifat yang melekat dari ruang dan waktu (entiti-entiti geografi pada kenyataannya diuraikan berdasarkan ruang dan waktu).
2. Geografi pada kenyataannya berbicara tentang tema, bukan ruang. Ruang (atau ruang-waktu) hanya kerangka kerja dimana tema diukur. Tanpa tema, kita hanya memiliki geometri saja.

Pendefinisian data geografi yang lebih baik harus melibatkan 3 unsur yaitu ruang, waktu dan tema (dimana, kapan, apa). Ketiga unsur ini merupakan dasar dari semua pengamatan (observasi) geografis. (Berry, 1964; Sinton, 1978)

Kualitas data geografi sebaiknya didefinisikan dengan batasan ruang-waktu-tema. Kualitas data juga tersusun dari beberapa komponen seperti akurasi (*accuracy*), presisi (*precision*), konsistensi (*consistency*) dan lengkap (*completeness*). Hasilnya sebagai suatu matrik.

6.2. Akurasi (Accuracy)

- Akurasi adalah kebalikan dari kesalahan (*error*). Kebanyakan dari kita menganggap bahwa akurasi sama dengan kualitas padahal kenyataannya akurasi merupakan salah satu unsur / komponen dari kualitas.
- Definisi akurasi didasarkan atas model entiti-atribut.
 - Entiti = Fenomena dunia nyata (*real-world phenomena*)
 - Attribute = Properti yang relevan (*relevant property*)

- Values = Ukuran kualitatif/kuantitatif (*quantitative/qualitative measurements*)
- Kesalahan (error) adalah suatu perbedaan antara nilai yang sebenarnya (actual) dengan yang dikodekan (encoded) dari suatu atribut tertentu untuk menjelaskan suatu entiti. Nilai sebenarnya berimplikasi dengan keberadaan suatu obyek, realitas yang teramati. Namun demikian, realitas kemungkinan:
 - Tidak teramati (misalnya : sejarah data (historical data))
 - Tidak mudah untuk diamati (misalnya: biayanya terlalu mahal)
 - Hanya sebagai persepsi tidak nyata (misalnya: entiti yang subyektif seperti neighborhoods)
- Pada dasarnya tidak perlu dipermasalahkan antara kenyataan obyektif dalam kaitannya dengan penilaian akurasi, selama semua data geografi merupakan hasil perolehan yang didasarkan atas suatu pemodelan dan spesifikasinya secara eksplisit maupun implisit memerlukan tingkat abstraksi dan generalisasi.
 - Merupakan spesifikasi basisdata dan hubungannya mendekati dengan konsep nominal permukaan tanah (terrain) dari persepsi realitasnya. (Salgé, 1995).
 - Spesifikasi dapat menjadi standar dimana akurasi di nilai. Dengan demikian nilai aktual adalah nilai yang kita harapkan berdasarkan spesifikasi. (Brassel et al., 1995).
 - Akurasi adalah suatu ukuran yang bersifat relatif, selama diukur relatif terhadap spesifikasi.
 - Untuk memutuskan dan menetapkan kecocokan didalam pemakaiannya, harus ditetapkan terlebih dahulu data relatif terhadap spesifikasinya dan juga dengan mempertimbangkan keterbatasan spesifikasi itu sendiri. (CEN, 1995).

6.2.1. Akurasi Spasial (Spatial Accuracy)

- Akurasi spasial adalah akurasi dari komponen spasial basisdata. Matrik dipakai atas dasar pertimbangan dimensi entitinya.
- Untuk **titik**, akurasi didefinisikan dalam kaitannya dengan jarak antara lokasi yang dikodekan dengan lokasi sebenarnya (aktual).
 - Kesalahan (error) dapat ditetapkan dalam berbagai dimensi: x, y, z, horisontal, vertikal, total.
 - Matrik kesalahan (error) adalah perpanjangan dari perhitungan statistik (kesalahan rata-rata (mean error), root mean squared error (RMSE), uji inferensi, tingkat kepercayaan, dll.) (American Society of Civil Engineers 1983; American Society of Photogrammetry 1985).
- Untuk **garis** dan **area** kondisinya lebih rumit/komplek. Hal ini disebabkan karena "error" merupakan suatu gabungan dari kesalahan posisi (positional error), misalnya error pada sumur bor ditentukan oleh titik disepanjang garis dan error yang digeneralisasi (error dalam titik-titik yang dipilih untuk mewakili garis) (Goodchild 1991b).
 - Epsilon band biasa dipakai untuk menentukan suatu zona yang tidak pasti disekitar garis yang dikodekan, dimana keberadaan garis yang pasti atau garis yang sebenarnya ada dalam zona tersebut.

6.2.2. Akurasi Temporal (Temporal accuracy)

- Akurasi temporal adalah kesesuaian antara pengkodean dan koordinat aktual sementara untuk suatu entiti.
- Koordinat temporal sering hanya bersifat implisit di dalam data geografi, seperti misalnya tanda waktu yang mengindikasikan bahwa entiti tersebut valid untuk waktu tertentu. Hal ini sering diaplikasikan untuk semua basisdata (contoh tanggal suatu peta adalah 1995).
- Akurasi temporal tidaklah sama dengan waktu basisdata, dimana waktu adalah saat informasi dimasukan kedalam basisdata.
- Akurasi temporal tidak sama dengan saat kini yang mana penilaiannya didasarkan atas seberapa baik spesifikasi basisdata cocok dengan yang diperlukan untuk suatu aplikasi tertentu. Suatu basisdata dapat bersifat akurat temporal akan tetapi tetap masih tertinggal dengan waktu; aplikasi historis tergantung pada data seperti ini.

6.2.3. Akurasi Tematik (Thematic Accuracy)

- Akurasi tematik adalah akurasi dari nilai-nilai atribut yang dikodekan didalam suatu basisdata.
- Matrik yang digunakan disini tergantung pada skala pengukuran data:
 - Data kuantitatif (misalnya data precipitation) dapat diperlakukan sebagai suatu tinggian (elevasi) dan dihitung dengan memakai satuan meter untuk kesalahan vertikal.
 - Data kualitatif (misalnya data tataguna lahan / tutupan lahan) biasanya dihitung dengan menggunakan tabulasi silang pengkodean dan kelas aktual pada lokasi contoh. Proses ini menghasilkan suatu klasifikasi kesalahan berupa matrik.
 - Elemen didalam baris ke i , kolom ke j dari matrik adalah jumlah lokasi sampel / contoh yang ditentukan untuk kelas \mathcal{L} tetapi kenyataanya milik kelas j .
 - Jumlah dari diagonal utama dibagi dengan jumlah sampel merupakan ukuran sederhana dari keseluruhan akurasi.
 - Suatu error (kesalahan) dari kelalaian berarti bahwa suatu sampel yang sudah diabaikan dari kelas aktualnya.

6.3. Resolusi (Resolution)

Resolusi (atau presisi) mengacu pada tingkat ketelitian yang dapat dibedakan di dalam ruang, waktu atau tema. Resolusi selalu dibatasi karena tidak ada sistem pengukur yang tidak dibatasi presisinya, dan juga karena basisdata secara intensif dibuat secara umum (general) untuk mengurangi hal yang bersifat detail.

Resolusi adalah suatu aspek dari spesifikasi basisdata yang menentukan bagaimana manfaat suatu basisdata yang ada untuk suatu aplikasi tertentu. Resolusi yang tinggi tidak selalu lebih baik, sedangkan resolusi yang rendah kemungkinan dapat dipertimbangkan ketika adanya suatu harapan untuk membuat model yang umum.

Resolusi berkaitan dengan akurasi, selama tingkat dari dampak resolusi spesifikasi basisdata dimana akurasi dinilai. Dua basisdata yang memiliki tingkat akurasi yang sama tetapi berbeda tingkat resolusinya maka kualitas nya tidak sama. Basisdata dengan tingkat resolusi yang rendah maka kebutuhan akurasinya berkurang (sebagai contoh adalah akurasi tematik akan cenderung menjadi lebih tinggi kelasnya untuk tataguna lahan/tutupan lahan seperti perkotaan dibandingkan dengan kelas kelas tertentu seperti resident /rumah).

6.3.1. Resolusi Spasial (Spatial Resolution)

- Resolusi spasial sangat cocok untuk data raster apabila mengacu pada dimensi linier suatu sel.
- Untuk data vektor resolusi dapat didefinisikan sebagai ukuran minimum dari satuan peta. Kadangkala ukuran rata-rata poligon dipakai untuk resolusi, tetapi hal ini sebagai kesalahan ketika polygon yang lebih kecil kemungkinan dapat teramati tetapi tidak ada / tidak terpetakan di atas peta.
- Resolusi adalah perbedaan dari spasial sampling rate, meskipun keduanya sering membingungkan satu dan lainnya.
 - Sampling rate mengacu pada jarak antar sampel, sedangkan resolusi mengacu pada ukuran satuan sampel.
 - Seringkali resolusi dan sampling cocok, tetapi hal itu tidak di inginkan terjadi. Ketika sampling rate lebih tinggi dibandingkan dengan resolusi, maka sampelnya overlap; akan tetapi ketika sampling rate-nya lebih rendah dibandingkan dengan resolusinya, maka terjadi perbedaan antara satuan sampelnya.

6.3.2. Resolusi Temporal (Temporal Resolution)

- Resolusi temporal adalah lamanya waktu interval pencontohan (sampling).
 - Contoh kecepatan “shutter speed” pada camera, semakin cepat semakin tinggi resolusi temporalnya.
 - Dampak dari resolusi temporal adalah suatu peristiwa durasinya menjadi minimal. Jika durasinya kurang dari resolusi, maka peristiwa tidak terlihat atau meninggalkan asap.
- Resolusi temporal berbeda dengan temporal sampling rate.
 - Resolusi adalah jarak dari interval pengambilan sampling, sedangkan sampling rate adalah seberapa sering sampling dilakukan dalam kurun waktu tertentu, misalnya sekali dalam satu minggu atau sekali dalam satu hari.

6.3.3. Resolusi Tematik (Thematic Resolution)

- Resolusi tematik mengacu pada presisi dari pengukuran atau kategorisasi suatu tema tertentu.
 - Untuk katagori data, resolusi adalah seberapa rinci / detil suatu data (contoh: antara urban vs. residential).

- Untuk kuantitatif data, resolusi tematik adalah resolusi analog ke resolusi spasial dalam dimensi z (contoh; tingkat perbedaan yang terkecil dalam atribut kuantitatif yang masih dapat dibedakan).

6.4. Konsistensi (Consistency)

- Konsistensi mengacu kepada adanya perbedaan semu dalam basisdata. Konsistensi adalah suatu ukuran dari validitas suatu basisdata, dan dinilai dengan menggunakan informasi yang berasal didalam basisdata.
- Konsistensi dapat didefinisikan dengan mengacu pada data geografi tiga dimensi, yaitu:
 - Konsistensi spasial termasuk konsistensi topologi atau conformance terhadap aturan topologi, seperti misalnya semua obyek yang berdimensi satu harus berpotongan pada obyek berdimensi nol (Kainz, 1995).
 - Konsistensi waktu (*temporal*) adalah berhubungan dengan topologi waktu, sebagai contoh, batasan yang hanya dapat terjadi satu kali untuk satu lokasi pada waktu yang diberikan (Langran, 1992).
 - Konsistensi tematik (*thematic consistency*) mengacu pada hilangnya perbedaan didalam tema atribut yang duplikasi. Sebagai contoh, nilai-nilai atribut untuk populasi, area, dan kepadatan penduduk harus sesuai di semua entiti.
- Duplikasi atribut adalah satu cara dimana konsistensi dapat dinilai. Sebagai contoh, suatu entiti kemungkinan mempunyai nilai. Ada satu cara dimana konsistensi dapat diukur/dinilai.

6.5. Lengkap (Completeness)

- Lengkap (completeness) mengacu kepada tidak adanya error yang diabaikan di dalam suatu basisdata. Ini merupakan penilaian relatif terhadap spesifikasi basisdata, dimana ditentukan sesuai dengan keinginannya terhadap tingkat generalisasi atau abstraksinya (pengabaian yang selektif).
- Terdapat 2 macam dari komplit (Brassel et al., 1995)
 - Data completeness adalah suatu error yang terukur dari kelalaian pengamatan antara basisdata dan spesifikasinya.
 - Model completeness mengacu pada persetujuan antara spesifikasi basisdata dan abstraksi universal yang dibutuhkan untuk aplikasi basisdata tertentu. Suatu basisdata dikatakan sebagai "model complete" jika spesifikasinya memenuhi persyaratan terhadap aplikasi yang diberikan.

6.6. Akurasi dan Kualitas Data

Kualitas sumber data untuk pemrosesan SIG semakin meningkat terus diantara para ahli SIG. Dengan semakin banyak software SIG yang dijumpai di pasar dan percepatan pemanfaatan teknologi SIG untuk pemecahan masalah dan peranannya dalam pengambilan keputusan, maka kualitas dan kepercayaan terhadap produk SIG semakin tinggi. Maka perhatian terhadap SIG mulai timbul terutama terhadap adanya error relative

yang mungkin ada secara inheren di dalam SIG. Berikut ini adalah uraian dari kualitas data yang mengfokuskan pada 3 komponen, yaitu akurasi data, kualitas dan error.

6.6.1. Akurasi (Accuracy)

Isu yang paling mendasar yang berkaitan dengan data adalah akurasi. Akurasi adalah hasil pengamatan (observasi) yang paling mendekati dengan nilai sebenarnya atau nilai yang diterima sebagai nilai yang dianggap benar. Hal ini berdampak pada semua fenomena spasial yang diamati seringkali hanya merupakan perkiraan dari nilai sebenarnya. Perbedaan antara pengamatan dan nilai sebenarnya (diterima sebagai kebenaran) mengindikasikan akurasi dari pengamatan.

Pada dasarnya terdapat 2 jenis akurasi, yaitu akurasi posisi dan akurasi atribut. Akurasi posisi adalah penyimpangan yang diperkirakan untuk lokasi geografi suatu obyek dari posisi yang sebenarnya di permukaan tanah. Hal ini yang biasanya kita pikirkan ketika istilah akurasi kita diskusikan. Terdapat 2 komponen akurasi posisi, yaitu akurasi relatif dan akurasi absolut. Akurasi absolut membahas tentang akurasi dari unsur unsur data yang berkaitan dengan posisi koordinat, seperti UTM. Akurasi relatif membahas tentang posisi relatif antara fitur-fitur yang ada didalam peta. Seringkali akurasi relatif lebih diperhatikan dibandingkan dengan akurasi absolut. Sebagai contoh, hampir semua pengguna SIG dapat menerima kenyataan bahwa hasil survei koordinat kota tidak berimpit secara tepat dengan survei yang dibuat.

Akurasi atribut adalah sama pentingnya dengan akurasi posisi. Akurasi atribut juga mencerminkan perkiraan dari kenyataan. Penafsiran dan penggambaran poligon dari batas batas dan karakteristik hutan atau tanah sangat sulit ditentukan dan sangat subyektif. Tingkat keseragaman batasbatas peta semacam ini pada kenyataanya jarang dijumpai biasanya terlihat pada kebanyakan peta.

6.6.2. Kualitas (Quality)

Kualitas secara sederhana dapat didefinisikan sebagai ketidak sesuaian penggunaan dari sekumpulan data tertentu. Data yang cocok dipakai untuk satu aplikasi mungkin tidak cocok untuk aplikasi yang lainnya. Hal ini sangat tergantung sepenuhnya kepada skala, akurasi, dan ekstensi data set, serta kualitas dari data set yang akan digunakan. Saat ini U.S. Spatial Data Transfer Standard (SDTS) mengidentifikasi ada 5 komponen dari definisi kualitas data, yaitu:

- a. Lineage
- b. Akurasi Posisi (Positional Accuracy)
- c. Akurasi Atribut (Attribute Accuracy)
- d. Logical Consistency
- e. Completeness

6.6.3. Lineage

Data lineage adalah data yang berkaitan dengan aspek aspek sejarah dan kompilasi data seperti:

1. Sumber asal data;
2. Isi (content) data;
3. Spesifikasi pemilihan data ;

4. Cakupan geografis data ;
 5. Metoda kompilasi data, seperti digitasi vs pemindaian (scanned);
 6. Metoda transformasi yang dipakai terhadap data; dan
 7. Penggunaan algoritma selama kompilasi, contohnya: penyederhanaan linear, generalisasi fitur geografi.
- **Akurasi Posisi (Positional Accuracy)**
Mengidentifikasi akurasi posisi adalah sangat penting, dalam hal ini termasuk mempertimbangkan error yang inheren (error sumber) dan error yang terjadi saat operasional.
 - **Kurasi Atribut (Attribute Accuracy)**
Mempertimbangkan akurasi atribut juga akan membantu untuk menentukan kualitas data. Komponen kualitas ini berhubungan dengan kejujuran / kebenaran atau tingkat keseragaman dalam sekumpulan data.
 - **Konsistensi Logik (Logical Consistency)**
Komponen ini membahas tentang penentuan struktur data untuk sekelompok data. Konsistensi logik melibatkan data spasial yang tidak konsisten seperti perpotongan garis yang tidak benar, duplikasi garis atau batas garis dan hal ini merujuk pada kesalahan topologi.
 - **Kelengkapan Data (Completeness)**
Komponen kualitas yang terakhir adalah kelengkapan (completeness) yang melibatkan suatu pernyataan mengenai kelengkapan dari sekumpulan data. Dalam hal ini termasuk pertimbangan lubang-lubang yang ada di dalam data, area-area yang tidak terklasifikasi, dan setiap prosedur kompilasi yang kemungkinan menyebabkan data menjadi terhapus. Pada data geografi dalam SIG pemakaian skala yang berbeda beda akan memberikan kerincian informasi kualitas data yang berbeda beda. Meskipun sekumpulan data yang di-input-kan kedalam SIG tidak berasal dari skala yang sama, maka tingkat akurasi dan resolusinya berbeda dan penggunaannya hanya untuk skala tertentu, dan kombinasi data untuk skala yang sama.
 - **Kesalahan (Error)**
Ada dua sumber kesalahan, yaitu kesalahan inheren dan kesalahan operasional. Kedua kesalahan berkontribusi dalam mengurangi kualitas produk yang dibuat oleh SIG. Kesalahan inheren (Inherent error) adalah kesalahan yang berasal dari sumber data/dokumen, sedangkan kesalahan operasional (Operational error) adalah sejumlah kesalahan yang dihasilkan melalui fungsi-fungsi manipulasi dan pengumpulan data pada SIG. Kemungkinan sumber kesalahan operasional adalah:
 1. Kesalahan pengkodean pada peta tematik;
 2. Kesalahan penempatan batas batas posisi horizontal;
 3. Kesalahan yang dilakukan oleh operator saat mendigitasi.
 4. Kesalahan didalam klasifikasi;
 5. Ketidak akuratan algoritma SIG; dan
 6. Kesalahan karena adanya persepsi yang bias.

7 Input Data dan Basis Data SIG

7.1. Pendahuluan

SIG membutuhkan masukan data yang bersifat spasial maupun deskriptif. Beberapa sumber data tersebut antara lain adalah Peta analog (antara lain peta topografi, peta tanah, dsb.). Peta analog adalah peta dalam bentuk cetakan. Pada umumnya peta analog dibuat dengan teknik kartografi, sehingga sudah mempunyai referensi spasial seperti koordinat, skala, arah mata angin dan sebagainya.

Peta analog dikonversi menjadi peta digital dengan berbagai cara yang akan dibahas selanjutnya. Referensi spasial dari peta analog memberikan koordinat sebenarnya di permukaan bumi pada peta digital yang dihasilkan. Biasanya peta analog direpresentasikan dalam format vektor.

7.2. Sumber Data SIG

Sebagaimana telah diuraikan pada bab sebelumnya, ada 2 jenis data yang menjadi masukan (input) pada SIG, yaitu data spasial dan data atribut (non-spasial). Proses input data pada SIG merupakan operasi pengkodean kedua jenis data tersebut ke dalam format basisdata SIG.

1. Citra Satelit, data ini menggunakan satelit sebagai wahananya. Satelit tersebut menggunakan sensor untuk dapat merekam kondisi atau gambaran dari permukaan bumi. Umumnya diaplikasikan dalam kegiatan yang berhubungan dengan pemantauan sumber daya alam di permukaan bumi (bahkan ada beberapa satelit yang sanggup merekam hingga dibawah permukaan bumi), studi perubahan lahan dan lingkungan, dan aplikasi lain yang melibatkan aktifitas manusia di permukaan bumi. Kelebihan dari teknologi terutama dalam dekade ini adalah dalam kemampuan merakam cakupan wilayah yang luas dan tingkat resolusi dalam merekam obyek yang sangat tinggi. Data yang dihasilkan dari citra satelit kemudian diturunkan menjadi data tematik dan disimpan dalam bentuk basis data untuk digunakan dalam berbagai macam aplikasi. Mengenai spesifikasi detail dari data citra satelit dan teknologi yang digunakan akan dibahas dalam bab tersendiri.
2. Peta Analog, sebenarnya jenis data ini merupakan versi awal dari data spasial, dimana yang membedakannya adalah hanya dalam bentuk penyimpanannya saja. Peta analogo merupakan bentuk tradisional dari data spasial, dimana data ditampilkan dalam bentuk kertas atau film. Oleh karena itu dengan perkembanganteknologi saat ini peta analog tersebut dapat di *scan* menjadi format digital untuk kemudian disimpan dalam basis data.
3. Foto Udara (Aerial Photographs), merupakan salah satu sumber data yang banyak digunakan untuk menghasilkan data spasial selain dari citra satelit.

Perbedaannya dengan citra satelit adalah hanya pada wahana dan cakupan wilayahnya. Biasanya foto udara menggunakan pesawat udara. Secara teknis proses pengambilan atau perekaman datanya hampir sama dengan citra satelit. Sebelum berkembang teknologi kamera digital, kamera yang digunakan adalah menggunakan kamera konvensional menggunakan negatif film, saat ini sudah menggunakan kamera digital, dimana data hasil perekaman dapat langsung disimpan dalam basis data. Sedangkan untuk data lama (format foto film) agar dapat disimpan dalam basis data harus dilakukan konversi dahulu dengan menggunakan *scanner*, sehingga dihasilkan foto udara dalam format digital. Lebih lanjut mengenai spesifikasi foto udara akan dibahas dalam bab tersendiri.

4. Data Tabular, data ini berfungsi sebagai atribut bagi data spasial. Data ini umumnya berbentuk tabel. Salah satu contoh data ini yang umumnya digunakan adalah data sensus penduduk, data sosial, data ekonomi, dll. Data tabular ini kemudian di relasikan dengan data spasial untuk menghasilkan tema data tertentu.
5. Data Survei (Pengamatan atau pengukuran dilapangan), data ini dihasilkan dari hasil survei atau pengamatan dilapangan. Contohnya adalah pengukuran persil lahan dengan menggunakan metode survei terestris.
6. Data Global Positioning System (GPS). Teknologi GPS memberikan terobosan penting dalam menyediakan data bagi SIG. Keakuratan pengukuran GPS semakin tinggi dengan berkembangnya teknologi. Data ini biasanya direpresentasikan dalam format vektor.

Global Positioning System (Sistem Pencari Posisi Global), adalah suatu jaringan satelit yang secara terus menerus memancarkan sinyal radio dengan frekuensi yang sangat rendah. Alat penerima GPS secara pasif menerima sinyal ini, dengan syarat bahwa pandangan ke langit tidak boleh terhalang, sehingga biasanya alat ini hanya bekerja di ruang terbuka. Satelit GPS bekerja pada referensi waktu yang sangat teliti dan memancarkan data yang menunjukkan lokasi dan waktu pada saat itu. Operasi dari seluruh satelit GPS yang ada disinkronisasi sehingga memancarkan sinyal yang sama.

Alat penerima GPS akan bekerja jika ia menerima sinyal dari sedikitnya 4 buah satelit GPS, sehingga posisinya dalam tiga dimensi bisa dihitung. Pada saat ini sedikitnya ada 24 satelit GPS yang beroperasi setiap waktu dan dilengkapi dengan beberapa cadangan. Satelit tersebut dioperasikan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat, mengorbit selama 12 jam (dua orbit per hari) pada ketinggian sekitar 11.500 mile dan bergerak dengan kecepatan 2000 mil per jam.

Ada stasiun penerima di bumi yang menghitung lintasan orbit setiap satelit dengan teliti. Dengan susunan orbit tertentu, maka satelit GPS bisa diterima diseluruh permukaan bumi dengan penampakan antara 4 sampai 8 buah satelit. GPS dapat memberikan informasi posisi dan waktu dengan ketelitian sangat tinggi. Nama lengkapnya adalah NAVSTAR GPS (Navigational Satellite Timing and Ranging Global Positioning System; ada juga yang mengartikan "Navigation System Using Timing and Ranging.") Dari perbedaan singkatan itu, orang lebih mengenal cukup dengan nama GPS. GPS mulai diaktifkan untuk umum 17 Juli 1995.

7.3. Teknik Input Data SIG

Dalam SIG terdapat 4 (empat) cara untuk memasukan data spasial kedalam SIG, yaitu:

7.3.1. Digitasi (Digitizing).

Digitasi merupakan proses konversi dari peta analog menjadi peta digital dengan mempergunakan meja digitasi. Cara kerjanya adalah dengan mengkonversi fitur-fitur spasial yang ada pada peta menjadi kumpulan koordinat x,y. Untuk menghasilkan data yang akurat, dibutuhkan sumber peta analog dengan kualitas tinggi. Dan untuk proses digitasi, diperlukan ketelitian dan konsentrasi tinggi dari operator. Dalam mempelajari digitasi, kita menggunakan perangkat lunak SIG. Prosedur dan tata cara pengerjaannya akan diberikan secara detail dengan maksud untuk memberikan garis besar dari konsep SIG dan melatih cara mendigitasi peta dengan menggunakan SIG.

Digitasi memiliki banyak keuntungan, antara lain:

1. Biaya modal rendah, misalnya meja digitalisasi yang murah;
2. Biaya rendah tenaga kerja;
3. Fleksibilitas dan kemampuan beradaptasi untuk berbagai jenis data dan sumber;
4. Mudah diajarkan dalam waktu singkat;
5. Secara umum kualitas data yang tinggi;
6. Memiliki tingkat ketepatan/ akurasi yang tinggi;
7. Kemudahan dalam meregister dan mengupdate/ memperbaharui data yang ada.

7.3.2. Pemindaian Otomatis (Automatic Scanning)

Pemindaian merupakan cara yang lebih cepat dalam merekam data spasial dibanding manual digitizing. Hasil pemindaian berupa digital image (citra digital) dalam format raster, biasanya kualitas tergantung pada ukuran peta yang dapat terekam oleh detektor dan masih diperlukan proses konversi data raster-vektor.

Berbagai variasi dari alat pemindai yang ada dapat untuk memperoleh data spasial. Ketika beberapa perbedaan pendekatan teknis ada di dalam teknologi pemindaian, semuanya memiliki kelebihan di dalam mendapatkan fitur spasial dari suatu peta dengan kecepatan yang tinggi. Namun demikian, pemindaian tidak dapat membuktikan untuk dapat menjadi pengganti alternative untuk hampir semua SIG. Alat Scanner mempunyai keterbatasan dalam mengkover obyek obyek yang terpilih, mengingat ukuran alat scanner yang paling besar ukuran A0 dan alat ini terbatas dalam mengenal teks atau symbol (text and symbol recognition).

Pengalaman telah menunjukkan bahwa data hasil pemindaian memerlukan sejumlah penyuntingan secara manual untuk membuat suatu layer data yang benar. Adanya keterbatasan yang dimiliki oleh alat pemindai harus diidentifikasi, termasuk disini adalah Peta-peta hasil cetakan (hardcopy) seringkali tidak dapat dipindahkan ke alat pemindai yang tersedia, mengingat ukuran dari alat scanner yang terbatas.

7.3.3. Konversi dari sistem lain

Berbagai data spasial, termasuk peta digital, yang secara terbuka tersedia dari berbagai sumber-sumber pemerintah dan swasta dengan format data yang berbeda. Konversi data diperlukan untuk menyamakan format data (*.shp, *.cad, *.dxf, *.dwg, dll) dan jenis data (data raster, data vektor) yang berbeda sehingga data dapat dikelola dan dianalisa.

Teknik pemasukan data ke dalam SIG dengan menggunakan lajur elektronik (spreadsheet) merupakan cara konversi yang umum digunakan. Hal ini terutama apabila kita ingin memaduserasikan antara data spasial dan data tabular. Persyaratan yang dibutuhkan adalah adanya suatu identitas unik yang dimiliki bersama oleh data tabular dan data spasial, sehingga dapat dilakukan interaksi antar kedua jenis data.

7.4. Peta Digital

Pemetaan digital atau sering disebut sebagai digital mapping merupakan suatu cara baru dalam pembuatan peta, baik untuk keperluan pencetakan maupun dalam format peta digital. Sedangkan definisi lain dari pemetaan digital adalah penggambaran permukaan bumi komputer dengan menggunakan data koordinat. Inti dari pemetaan digital adalah proses pengolahan objek-objek peta yang menggunakan format digital sehingga membutuhkan perangkat keras komputer dan perangkat lunak yang berkaitan. Software yang biasa digunakan dalam pembuatan peta digital adalah Land Desktop, Auto Cad Map, Arc View, Map Info Professional dan lain-lain.

Perkembangan teknologi komputer dan informasi yang semakin pesat baik secara langsung maupun tidak langsung berpengaruh pada berkembangnya dunia pemetaan. Perkembangan teknologi komputer yang dimaksud adalah kapasitas memori yang semakin besar. Proses data yang semakin cepat dan fungsi dari komputer itu sendiri yang menjadi lebih majemuk sehingga memiliki fungsi yang sangat beragam, selain itu komputer juga menjadi lebih mudah untuk dioperasikan melalui beberapa paket program.

Saat ini pembuatan peta secara konvensional secara terestris dapat dipermudah dengan bantuan komputer melalui pendataan di lapangan yang langsung dapat didownload ke komputer untuk pelaksanaan perhitungan polygon, perataan perhitungan (koreksi) dan lain-lain. Bahkan dewasa ini kita bias melakukan pemisahan warna secara digital sebagai proses dalam pencetakan peta.

Seperti halnya peta hardcopy atau peta analog, peta digital dapat kita pakai untuk membantu kita mendapatkan informasi suatu daerah. Perbedaan antara keduanya hanya pada bentuknya saja dimana peta analog berupa lembaran kertas, sedangkan peta digital berupa data yang tersimpan dalam media perekam seperti disket, CD, flash disc atau harddisc. Kelebihan yang dimiliki oleh peta digital disbanding dengan peta analog salah satunya adalah kemudahan untuk editing dengan mudah dan cepat.

Dengan adanya peta digital kita sebagai orang-orang yang berhubungan dengan pemetaan atau orang-orang yang dal kesehariannya selalu bergelut dengan peta banyak diuntungkan. Namun selain keuntungan-keuntungan yang kita dapatkan, ada pula kekurangan-kekurangan yang kita dapatkan dengan menggunakan peta digital.

Keuntungan-keuntungan yang kita dapatkan antara lain:

1. Pembuatan peta existing semakin cepat dan mudah
2. Pembuatan peta tematik lebih mudah dan cepat
3. Produksi (penggandaan) peta semakin cepat
4. Penyajian secara grafis lebih bagus
5. Updating peta lebih mudah dan cepat
6. Dengan digabung dengan data stasistik maka analisa data dapat dilakukan dengan mudah
7. Media penyimpanan semakin kecil sehingga tidak membutuhkan ruangan yang besar

8. Kualitas data dapat dipertahankan karena tidak terpengaruh oleh suhu, tekanan, dan lain-lain
9. Dapat dengan mudah membuat peta
10. Dapat dengan mudah memproduksi peta dengan berbagai macam skala dengan memperhatikan proses seleksi dan generalisasi.

Kendala-kendala yang dihadapi dalam penggunaan peta digital adalah:

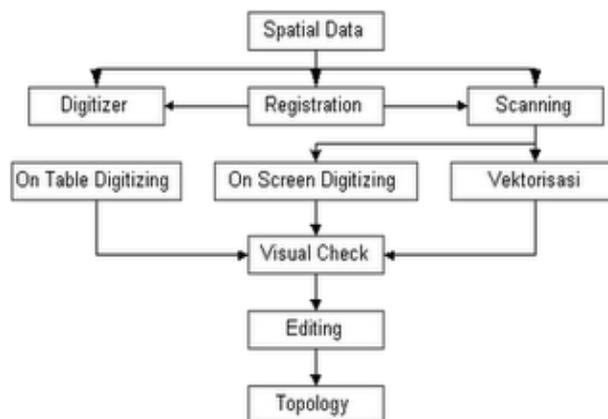
1. Membutuhkan investasi biaya yang mahal untuk peralatan (hardware) pengadaan data (digitizer, scanner, computer, total station, GPS, citra satelit dll)
2. Memerlukan sumber daya manusia yang terampil yang menguasai berbagai macam disiplin ilmu (komputer, kartografi, penginderaan jauh, pemetaan digital, sistem koordinat, sistem proyeksi dll)
3. Membutuhkan biaya investasi yang besar untuk pengadaan software yang berlisensi (MS windows, MS office, ER Mapper, Autocad Map, Arc View, Map Info dll)

Dengan kemudahan pengolahan dan pemindahan dari media komputer ke media penyimpanan dari media computer ke media penyimpanan data membawa dampak negative seperti:

1. Dapat disalahgunakan oleh pihak-pihak yang tidak berwenang dan dapat diperbanyak, diberikan kepada pihak lain serta dapat diperjual-belikan secara bebas.
2. Terjadi pembocoran data kekayaan alam, dislokasi militer dan segala sesuatu yang seharusnya menjadi rahasia Negara.
3. Data tentang kondisi medan/alam dapat ditransfer secara langsung dan secara cepat dengan menggunakan jaringan komputer yang saling dihubungkan, sehingga pihak musuh secara sewaktu-waktu di monitor dari tempat yang lain.

7.4.1. Tahapan Pemetaan Digital

Pemetaan digital merupakan penggambaran permukaan bumi dengan menggunakan komputer dan data koordinat. Peta yang dihasilkan dari pemetaan digital disebut peta digital. Sedangkan proses pembuatan peta digital dikenal dengan proses digitasi (digitizing). Digitizing dapat didefinisikan sebagai proses konversi data atau peta dari media kertas ke format digital. Format dari peta digital dapat berupa data raster dan data vector. Data raster adalah semua data digital yang didapat dari hasil scanning. Sedangkan data vektor adalah data raster yang telah mengalami pengolahan dengan komputer. Tahapan yang harus dilakukan pada saat akan melakukan proses pemetaan digital adalah sebagai berikut :



Gambar 7-1 Tahapan Pemetaan Digital

7.4.2. Digitasi

Pada dasarnya untuk mengubah sebuah peta “kertas” menjadi peta digital ada dua metode yang digunakan, Digitasi langsung dan digitasi tidak langsung.

1. Digitasi Langsung

Digitasi peta secara langsung berarti melakukan proses digitasi atau proses penggambaran ulang secara langsung di atas peta kertas. Digitasi langsung dilakukan dengan menggunakan alat digitizer. Pada proses digitasi ini, gambar dari peta garis analog (di atas media kertas) dipindahkan ke media perekam disket dalam format digital.

2. Digitasi Tak Langsung

Digitasi peta secara tidak langsung merupakan proses penggambaran ulang dari peta garis/analog menjadi peta digital dengan bantuan alat pemindai (scanner). Setelah discanner, peta baru digambar ulang dengan komputer menggunakan software AutoCAD Map. Pada digitasi tidak langsung ini, diperlukan beberapa alat sebagai pendukung didalam proses digitasi yang akan dilakukan, yakni :

- Scanner, untuk pemindaian peta sebelum didigit dengan komputer. Alat scanner ada yang mampu memindai kertas yang besar / sampai dengan A0.
- Satu unit PC (personal computer) dengan spesifikasi yang mampu digunakan dalam proses digitasi Pemindai (Scanner).
- Plotter, alat untuk menterjemahkan serta mentransformasikan data gambar digital menjadi gerakan mekanik pada bidang (diatas media analog kertas atau kalkir).
- Printer

7.4.3. Autodesk Map

AutoCAD Map merupakan program grafik yang sangat andal dalam penanganan gambar-gambar teknik yang berbasis vektor. Selain akurasi, juga keanekaragaman menu yang fleksibel. Apabila hanya menggambar sebuah denah, peta, blok- blok atau desain perencanaan, bahkan AutoCAD Map versi lama pun sudah memiliki perintah-perintah gambar yang memadai, sehingga sesuai namanya, layak disebut sebagai perangkat Computer Aided Design (CAD).

Hal menarik sekaligus mendasar dalam kaitannya dengan keperluan pemetaan, adalah kemampuannya dalam menangani gambar tiga dimensi, sehingga persis sebuah peta, setiap garis dan titik pada gambar AutoCAD Map sekaligus memiliki informasi koordinat X, Y, dan Z. Selain tersimpan dalam bentuk basis data yang akurat, informasi tiga dimensi ini juga dapat divisualisasikan dalam bentuk 3D – View. Pada perkembangan berikutnya, selain perkembangan unjuk kerja dan penyempurnaan menu, AutoCAD Map juga menyempurnakan diri dengan kemampuannya dalam pengelolaan gambar-gambar yang berbasis raster. Kemampuan ini semakin mendukung keperluan dunia pemetaan, sehingga jika pada awalnya AutoCAD Map hanya mampu menampilkan “peta garis”, saat ini juga sekaligus dapat menampilkan sebuah “peta foto”. Pada AutoCAD Map, sebagai gambaran, telah dikembangkan sebuah fasilitas *rubber sheeting* yang tidak ada bedanya dengan proses “rektifikasi foto” pada dunia pemetaan.

AutoCad Map adalah salah satu perangkat lunak autodesk untuk pemetaan versi terbaru, setelah versi terakhir autocad map versi 3. Kelebihan dari AutoCad Map ini adalah dapat melakukan operasi dengan beberapa proyek sekaligus (Multiple Document Interface, MDI) dan pada saat yang sama dapat membuka proyek lain dengan sumber data yang sama (tunggal). Software ini dapat mendefinisikan system koordinat sesuai keperluan,

yang hasilnya tetap dapat dibaca oleh system autodesk lain. Sarana penunjang bagi pemakai yaitu di situs Autodesk Map Support. Software ini juga memiliki berbagai fasilitas yang dimiliki oleh perangkat lain, yaitu dapat mengambil data-data eksternal yang telah dibuat dengan perangkat basisdata lain, seperti Microsoft access. Sehingga pengguna dapat menganalisis data-data pada peta digital, dimana di dalam system informasi geografi, bekerja dengan topologi berhubungan dengan interkoneksi dan batas features peta, juga dapat membuat dan memodifikasi serta menghapus topologi, membuat buffer point, garis dan polygon, menganalisis peta dengan metode overlay object, point, garis dan polygon menggunakan intersek, union, identitas, klip dan menggandakan pengoperasionalan.

Metode jarak terdekat berfungsi untuk mendapatkan jarak terdekat antara dua lokasi, yang biasanya berguna untuk pelayanan yang bersifat darurat, sedangkan metode flood trace merupakan sebuah metode untuk mengetahui sebaran daerah dari satu titik pada radius tertentu. AutoCad Map dilengkapi dengan fasilitas menu Express. Dengan menggunakan fasilitas ini pemakai AutoCad Map dapat mengedit dan melakukan operasi aritmatika terhadap data-data yang ada dengan cepat dan akurat. Kebutuhan akan data objek yang cukup besar, pengumpulan data dan pengelolaan data file drawing, dimungkinkan dengan adanya fasilitas link template database eksternal. Untuk menghubungkan antar objek-objek pada peta dengan data-data objek dan data-data eksternal, terdapat fasilitas linkage template yang dikendalikan oleh berbagai macam format database eksternal, seperti Microsoft Acces Database, Excell, paradox dan sebagainya, yang dipadukan dalam format file link template dan ODBC juga terdapat fasilitas Object Linkage Embeded (OLE).

Software AutoCad Map juga terdapat fasilitas Structure Query Language (SQL) sehingga pengguna AutoCad Map dapat memakai beberapa perintah script customize untuk melakukan interaksi matematis, misalnya dengan penentuan query. Dengan software AutoCad Map ini pekerjaan-pekerjaan digitasi peta, merapikan dan memasukkan data menjadi sangat mudah. Pekerjaan-pekerjaan itu antara lain:

1. Membuat tabel data objek.
2. Menentukan dan menghimpun data yang diinginkan.
3. Menampilkan data-data objek.

AutoCad Map juga dapat digunakan untuk mendigitasi selembar peta dan membuat file digital yang cukup teliti. Dalam mendigitasi peta, selain membuat objek-objek baru, juga memasukkan data objek. AutoCad memiliki banyak perintah penggambaran. Adapun perintah-perintah yang sering digunakan adantara lain:

1. Menggambar garis (Line/Polyline)
2. Menyambung garis secara presisi dengan object snap (Osnap)
3. Menggambar Lingkaran (Circle)
4. Membuat Elips (Ellipse)
5. Membuat garis lengkung/ kurva (Arc)
6. Membuat titik (Point)
7. Mengarsir bidang (Hatch)
8. Menulis teks (Text)

Keuntungan dari penggunaan software AutoCad salah satunya adalah program ini pada saat pertama kali kita gunakan mempunyai sistem koordinat. Sistem koordinat tersebut tidak mempunyai satuan (unit) tertentu, tetapi pengguna dapat menterjemahkan satuannya menurut keperluan masing-masing.

7.5. Penyuntingan dan Kualitas Data SIG

Penyuntingan data dan verifikasi dalam merespon error (kesalahan) yang muncul ketika peng-kodean data spasial dan data non-spasial. Penyuntingan data spasial sangat menyita waktu, prosesnya bersifat interaktif sehingga memakan waktu cukup lama, lebih lama dibandingkan dengan saat meng-input data itu sendiri. Beberapa macam error dapat terjadi selama input data. Kesalahan kesalahan ini dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Ketidaklengkapan data spasial. Contohnya: titik/ garis segmen,/poligon yang hilang
2. Kesalahan penempatan data spasial. Jenis kesalahan ini biasanya merupakan hasil dari digitalisasi yang kurang teliti atau rendahnya kualitas sumber data asli.
 - Distorsi dari data spasial. Kesalahan semacam ini biasanya disebabkan oleh pengkoreksian peta dasar skala tidak secara keseluruhan gambar/ citra, misalnya foto udara, atau dari bahan stretch, misalnya dokumen kertas.
 - Hubungan yang tidak sesuai antara data spasial dan atribut. Jenis kesalahan ini biasanya kesalahan hasil identifikasi selama melakukan digitasi atau interelasi awal. Kondisi ini bisa melibatkan satu/ lebih fitur
 - Atribut data yang salah atau tidak lengkap. Seringkali data atribut tidak sama persis dengan data spasial. Hal ini karena data didapatkan dari sumber-sumber yang berdiri sendiri sehingga periode waktu data yang didapat berbeda. Data-data yang tidak lengkap/ kosong atau data yang terlalu panjang merupakan masalah yang paling umum.

7.6. Proyeksi dan Sistem Koordinat

Untuk menggambarkan obyek atau features permukaan bumi di atas layar komputer, kita memerlukan suatu sistem penggambaran yang merepresentasikan keadaan bumi sebenarnya yang kita sebut sebagai proyeksi. Proyeksi kita gambarkan dalam sistem koordinat cartesian, yang umumnya kita kenal dalam unit X dan Y. Berikut akan kita bahas 2 sistem proyeksi yang sering digunakan dalam SIG yaitu proyeksi Longitude Latitude (Longlat) dan Universal Transverse Mercator (UTM).

1. Proyeksi Longitude Latitude (Geographic Coordinat Systems)

Proyeksi ini umum digunakan untuk menggambarkan keadaan global. Satuan units yang digunakan adalah **degree** (derajat atau $^{\circ}$). Satuan derajat ini dilambangkan dengan satuan **decimal degree**, **DMS** (degree minute second) dan **DM** (Degree minute decimals).

Sebagai contoh:

- $15,15^{\circ}$ berarti 15,15 derajat (degree)
- $15^{\circ} 30' 25''$ berarti 15 derajat (degree) 30 menit dan 25 detik.

Pelambangan ini digunakan dalam unit DMS

- $15^{\circ} 30,5'$ berarti 15 derajat (degree) 30,5 menit
- $15,35^{\circ}$

Proyeksi longlat didasari dari bentuk bumi spheroid, yang dibagi atas garis tegak yang mengiris bumi dari belahan bumi utara hingga ke kutub selatan yang dinamakan garis meridian dan garis-garis melintang yang membagi bumi dari timur hingga ke barat yang dinamakan garis paralel. Garis 0° meridian melewati kota Grenwich, Inggris, implikasinya adalah adanya pembagian waktu yang berbeda pada daerah-daerah di bumi bagian timur dan barat. Perubahan nilai garis meridian terjadi secara vertikal sepanjang garis horizontal yang kita sebut sebagai **longitude** atau titik X. Sedangkan garis paralel

berubah secara horizontal sepanjang garis vertikal dan kita sebut sebagai **Latitude** atau titik Y. Akibat dari adanya garis paralel adalah adanya perbedaan musim di daerah bagian selatan dan utara bumi. Umumnya Indonesia menyebut Bujur Timur untuk menamakan eastern dan bujur barat untuk western, sedangkan belahan bumi utara atau Northern disebut sebagai lintang utara dan sebaliknya belahan bumi selatan atau Southern disebut sebagai lintang selatan.

Proyeksi ini akan dibaca sebagai proyeksi bumi spheroid oleh koordinat cartesian, yang memiliki 4 zone utama yaitu zone timur utara (North East) dengan koordinat (x,y) berupa nilai (+,+), zone timur selatan (South East) sebagai (+,-), zone barat selatan (South Western) dengan (-,-) dan zone barat utara (North Western) (-,+).

Berikut adalah contoh penerapan proyeksi longlat untuk negara-negara di seluruh dunia. Proyeksi tersebut walaupun berlaku global tetapi karena bentuk bumi yang cenderung elips menyebabkan adanya perbedaan jarak antar garis meridian dan paralel di setiap belahan bumi. Sebagai contoh satu derajat jarak antar garis meridian di daerah khatulistiwa sama dengan kira-kira 110km sedangkan pada jarak satu derajat yang sama di belahan bumi utara, misal di Jepang yang terletak di tengah belahan bumi utara kira-kira sebanding dengan 90km, dan semakin ke utara dan selatan jaraknya semakin mengecil, untuk itu diperlukan suatu sistem lokal yang akan memperkecil nilai kesalahan yang mana setiap daerah memiliki sistem yang berbeda, misal antara Amerika Utara dan selatan memiliki system berbeda, begitu pula dengan negara-negara di benua Asia, Eropa dan lain-lain. Indonesia menggunakan sistem yang disebut **World Geodetic System tahun 1984 (WGS 1984)**. Dengan demikian, untuk menyatakan batas-batas koordinat Indonesia adalah sebagai berikut: Proyeksi **Longitude Latitude** dalam system **WGS 1984** dengan batas-batas koordinat sebagai berikut: 6° Northern (LU) - (-11)° Southern (LS) dan 95° Eastern (BT) – 141° Eastern (BT).

2. Proyeksi Universal Transverse Mercator (projected coordinat systems)

Untuk menyatakan proyeksi yang lebih detail dan bersifat lokal kita gunakan, salah satunya yaitu proyeksi **Universal Transverse Mercator**. Satuan units yang digunakan adalah **meter**, proyeksi ini didasarkan pada asumsi bahwa jarak datar di permukaan bumi akan homogen setiap lebar 6° antar garis meridian dan 8° antar garis paralell. Dengan demikian apabila perhitungan dimulai dari titik -180°W hingga 180°E terdapat 60 zone, tiap zone dinamakan zone 1, zone 2, dan seterusnya hingga zone 6°.

Kemudian untuk mengitung zone paralel, dimulai dari titik paling selatan yang dianggap masih memungkinkan adalah 80°S hingga 84°N, tiap lebar 8° disebut sebagai satu zone dengan perlambangan huruf, jadi dihitung dari paling selatan 80°S adalah Zone A, zone B, dan seterusnya hingga zone X, kecuali penamaan untuk huruf i dan O yang tidak digunakan. Sehingga semuanya ada 22 zone.

Umumnya software GIS akan menamakan secara sederhana, yaitu semua daerah di utara disebut zone **Northern Hemisphere**, dan **Southern Hemisphere** untuk daerah selatan khatulistiwa. Walaupun demikian, seperti yang telah di bahas sebelumnya, maka untuk tiap daerah tertentu memiliki sistem lokal lagi seperti halnya proyeksi longitude latitude. Jadi untuk Indonesia, kita akan menggunakan **UTM WGS 1984**. Misal, untuk menyatakan sistem proyeksi untuk daerah Bandung yang terletak di (107°, -6°) digunakan sistem proyeksi **UTM WGS 1984 Zone 48S**.

Perhitungan data yang digunakan adalah dalam satuan meter. Primary koordinat UTM dimulai dari dua tempat, yaitu dari titik tengah equator dan dari titik pertama di selatan

equator (80^0) . sehingga nilai koordinat UTM umumnya hingga ratusan ribu dalam axis dan jutaan dalam ordinat.

Zone pada tiap daerah berbeda sehingga satu unit zone sistem yang berlaku di daerah tidak bisa digunakan pada daerah lain. Untuk indonesia, zone UTM yang berlaku adalah seperti pada gambar berikut. Untuk menyatakan satuan meter atau feet pada peta yang berlaku global kita dapat menggunakan proyeksi lain seperti mercator, robinson, dan lain sebagainya tergantung karakteristik posisi meridian dan paralall tiap daerah/negara.

7.7. Basis Data SIG

Basisdata (Database) merupakan salah satu komponen penting dalam sistem informasi, karena merupakan dasar dalam menyediakan informasi. Basisdata pada hakekatnya merupakan kumpulan dari item data yang saling berhubungan satu dengan yang lainnya yang diorganisasikan berdasarkan sebuah skema atau struktur tertentu, tersimpan di hardware komputer dan dengan software untuk melakukan manipulasi untuk kegunaan tertentu.

7.7.1. Konsep Pengelolaan Basis Data

Data atau informasi yang diturunkan dari peta tematik, penelitian, pengukuran di lapangan atau kumpulan data statistik yang dikumpulkan oleh institusi pemerintahan pada umumnya mengandung lebih dari satu atribut yang diasosiasikan dengan lokasi spasialnya. Contoh: properties jenis tanah yang menjadi daya tarik studi sumber daya lahan pada umumnya adalah tipe, warna, tekstur, derajat keasaman (PH), atribut tambahan ini disebut sebagai entities non spasial dari basis data spasial. Walaupun demikian untuk mengelola data dan informasi atribut didalam SIG tidak semudah yang kita bayangkan, untuk melakukannya diperlukan pemahaman yang baik mengenai konsep” sistem manajemen basis data (DataBase Management System – DBMS).

7.7.2. SIG Sebagai Basis Data

Pengembangan SIG dengan DBMS ini dapat dijelaskan dengan beberapa fakta sebagai berikut:

1. sebagian besar biaya sistem perangkat lunak adalah untuk DBMSnya
2. sebagian besar fungsi dan prosedur dasar yang ada pada SIG sudah disediakan oleh DBMSnya (SIG hanya memanfaatkan yang telah tersedia) jika tidak fungsi” atau prosedur” tersebut harus diprogram khusus untuk SIG

Pada umumnya terdapat 2 pendekatan untuk menggunakan DBMS di dalam SIG:

1. Pendekatan solusi DBMS total, yaitu semua data spasial dan non spasial diakses melalui DBMS sehingga data” tersebut harus memenuhi asumsi” yang telah ditentukan oleh perancang DBMSnya
2. Pendekatan solusi kombinasi, yaitu tidak semua data tabel” atribut berikut relasi”nya diakses melalui DBMS karena data” tersebut telah sesuai dengan modelnya. Contohnya ARC/INFO biasanya mengadopsi dua basis data yang secara khusus dirancang untuk data spasial ARC/INFO dan yang kedua untuk data non spasial yang dikelola oleh sistem basisdata yang khusus dirancang untuk data non spasial

7.7.3. Model Basisdata Relasional

Model relasional banyak digunakan didalam SIG, beberapa DBMS yang menggunakan model basisdata relasional:

- Dbase (*.dbf) → digunakan ARC View, ARC /Info Gis
- Info → digunakan di dalam Arc/info
- Oracle → digunakan di dalam Arc/info, geovision

7.7.4. Model Basisdata Relasional dan SIG

Perbedaan pada perancangan sistem SIG pada pendekatan basisdata untuk penyimpanan koordinat peta digital dengan mengimplementasikan basisdata relasional didalam SIG

1. Model Data Hybrid :
 - Mekanisme penyimpanan data yang optimal untuk informasi spasial disatu sisi tetapi disisi lain tidak optimal untuk informasi atribut (tematik)
 - Data kartografi digital disimpan dalam sekumpulan files sistem operasi untuk meningkatkan kecepatan input-output, sementara data atribut (data tabel) disimpan dalam DBMS relasioanal
 - Perangkat lunak SIG berfungsi untuk mengelola hubungan antara data spasial dengan data atribut selama operasi pemrosesan peta.
2. Model data terintegrasi
 - Pengelolaan basis data (DBMS) spasial dengan SIG yang bertindak sebagai query processor
 - SIG dikembangkan dengan menggunakan Sistem Manajemen Basisdata {DataBase Management System (DBMS)}

7.7.5. Keuntungan Basis Data:

1. Mengurangi duplikasi data (minimum redundancy data yang paad gilirannya akan mencegah inkonsistensi dan isolasi data)
2. Kemudahan, kecepatan dan efisiensi (data sharing dan availability) akses atau pemanggilan data
3. Penjagaan integritas data
4. Menyebabkan data menjadi self-dokumented dan self-descriptive
5. Mereduksi biaya pengembangan perangkat lunak
6. Meningkatkan faktor keamanan data

7.8. Sistem Manajemen Basis Data (DBMS)

Database Management System (DBMS) adalah sistem yang secara khusus dibuat untuk memudahkan pemakai dalam mengelola basis data/database. Merupakan kumpulan dari data yang saling berelasi dengan sekumpulan program dalam mengakses data.

Manfaat penggunaan DBMS:

1. untuk mengorganisasi dan mengelola data dalam jumlah besar
2. untuk membantu dalam melindungi data dari kerusakan yang disebabkan pengaksesan yang tidak sah
3. memudahkan dalam pengambilan data
4. untuk memudahkan dalam pengaksesan data secara bersamaan dalam suatu jaringan

Komponen DBMS:

1. data: yang disimpan dalam basis data
2. operasi standart: untuk memanipulasi data

3. Data Definition Language (DDL): untuk mendeskripsikan nama” atribut, tipe data atau struktur basis data
4. Data Manipulation Language (DML): bahasa query
5. Bahasa pemrograman
6. Struktur files: untuk mengorganisasikan data

Dalam DBMS terdapat beberapa model basisdata yang digunakan yang menyatakan hubungan antara record” yang ada dalam basisdatanya:

1. Flat file (Tabular): data terletak didalam tabel tunggal
2. Hirarchical: menggunakan pola parent-child
3. Network: atau disebut DBTG (database task group) or CODASYL (converence on data system language)
4. Relational: terdiri dari tabel-tabel termonalisasi dengan atribut kunci sebagai penghubung antar tabel relasional.

Keuntungan DBMS:

1. Independensi data: menyediakan pendekatan yang membuat perubahan dalam data tidak membuat program harus diubah
2. Pengaksesan yang efisien terhadap data: menyediakan berbagai teknik yang canggih sehingga penyimpanan dan pengambilan data dilakukan secara efisien
3. Keamanan dan integritas data: melakukan kendala integritas terhadap data, sehingga membantu melindungi data dari kerusakan yang disebabkan pengaksesan yang tidak sah
4. Administrasi data: pemusatan administrasi → mengorganisasi dan mengelola data
5. Akses bersamaan dan pemulihan terhadap kegagalan: untuk memudahkan dalam pengaksesan data secara bersamaan dalam suatu jaringan & melindungi pemakai dari efek kegagalan sistem → dapat mengembalikan data sebagaimana kondisi saat sebelum terjadi kegagalan
6. Waktu pengembangan aplikasi menjadi cepat: adanya fasilitas yang memudahkan dalam menyusun aplikasi sehingga waktu pengembangan aplikasi dapat diperpendek

Basis data yang digunakan dalam Sistem Informasi Geografi meliputi **data spasial** dan **non spasial**.

1. Data Spasial (Data grafis)

Ditinjau dari segi penyimpanan data, Sistem Informasi Geografis terdiri dari dua jalur konseptual yaitu:

- a. Sistem vektor (vector based system)
- b. Sistem raster (raster based system).

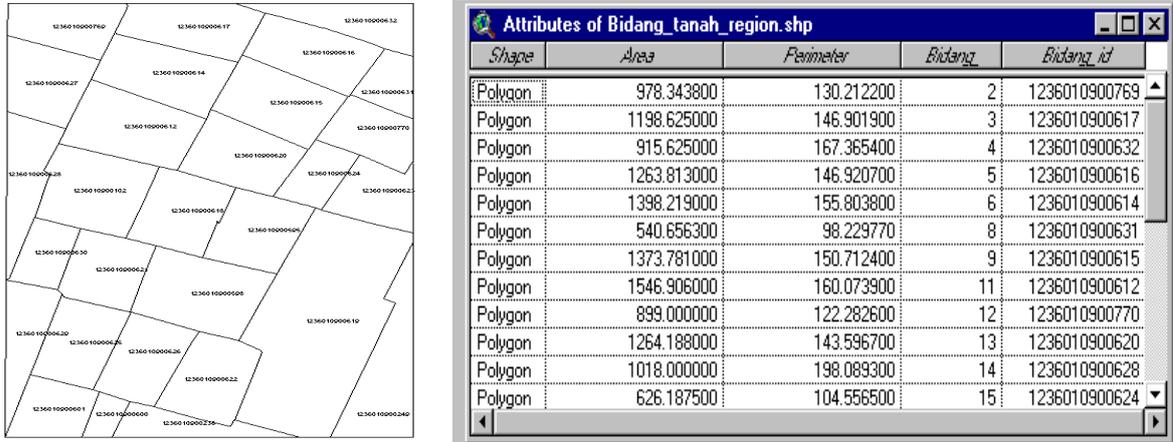
Kedua sistem tersebut merupakan fungsi posisi yang menunjukkan salah satu karakteristik dari data geografi. Tetapi masing-masing sistem mempunyai kelebihan dan kekurangan sendiri-sendiri.

a. Data vektor

Pada sistem vektor (vektor based system), semua unsur-unsur geografi disajikan dalam 3 konsep topologi yaitu: titik (point), garis (arc), dan area (polygon). Unsur-unsur geografi tersebut disimpan dalam bentuk pasangan koordinat, sehingga letak titik, garis, dan area dapat digambar sedemikian akurat. Bentuk kenampakan (feature)

titik, garis, dan area dihubungkan dengan data attribut dengan menggunakan suatu pengenal (identity/user-ID).

Gambar 7-2 contoh data vektor yang merupakan data percel tanah di Kantor Pertanahan berbentuk polygon.

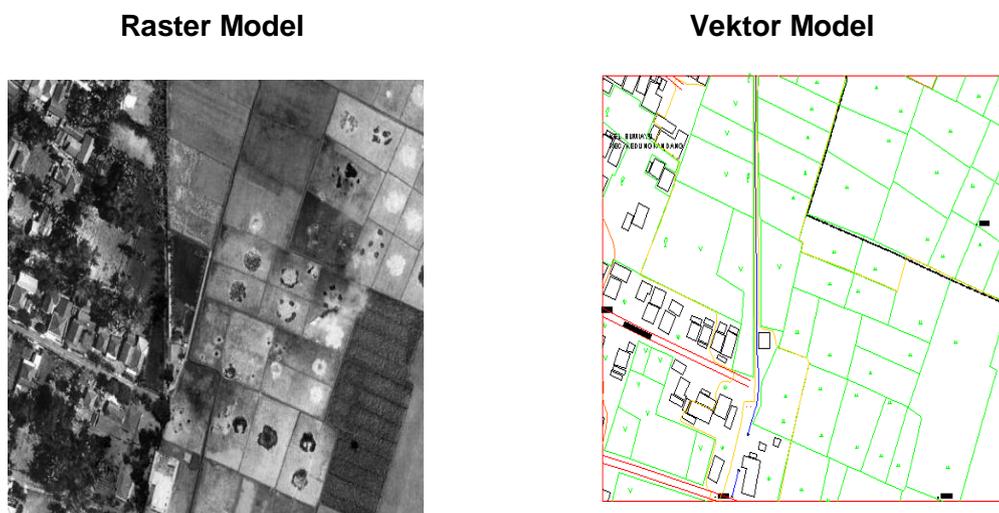


Gambar 7-2 Data Spasial / Vektor (kiri) dan Data Non_Spasial / Atribut (kanan)

b. Data raster

Pada sistem raster, fenomena geografi disimpan dalam bentuk pixel (grid/ raster/cell) yang sesuai dengan kenampakan. Setiap pixel mempunyai referensi pada kolom baris yang berisi satu nilai yang mewakili satu fenomena geografi. Pada sistem ini titik dinyatakan dalam bentuk grid atau sel tunggal, garis dinyatakan dengan beberapa sel yang mempunyai arah dan poligon dinyatakan dalam beberapa sel.

Lebih jelasnya mengenai perbedaan antara model raster dengan model vektor dapat dilihat pada gambar 7-3. Contoh data raster yang ada di Kantor Pertanahan adalah Foto Udara Digital, Citra Satelit Ikonos, hasil scanner GU atau peta yang belum divektorkan.

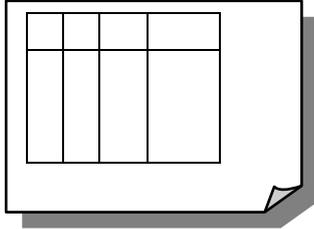


Gambar 7-3 Model data raster (kiri) dan Model data vektor

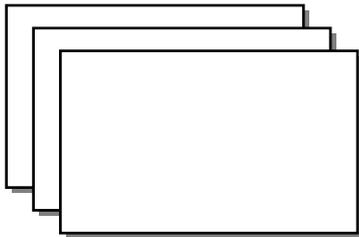
2. Data base atribut (non-spasial)

Berikut beberapa contoh bentuk- bentuk dari data non-spasial:

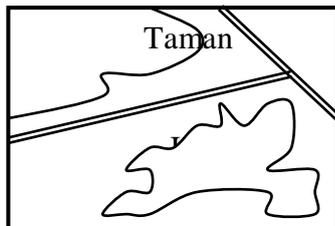
- a) alfanumerik dan angka-angka.



- b) Laporan lengkap, dengan format: kata, kalimat dan keterangan lain.



- c) Keterangan gambar (grafik), dengan format: kata, angka, keterangan penunjuk liputan area, keterangan simbol.



8 Fungsi Fungsi Analisa SIG

8.1. Pendahuluan

Kemampuan SIG juga dapat dikenali dari fungsi-fungsi analisis yang dapat dilakukannya. Secara umum, ada dua jenis fungsi analisis, yakni: fungsi analisis spasial dan fungsi analisis atribut. Fungsi analisis atribut terdiri dari operasi dasar sistem pengelolaan basisdata (DBMS) dan perluasannya, yaitu:

1. **Operasi dasar basis data**, mencakup:
 - a. Membuat basis data baru
 - b. Menghapus basis data
 - c. Membuat table basis data
 - d. Menghapus table basis data
 - e. Mengisi dan menyisipkan data ke dalam table
 - f. Membaca dan mencari data dari table basis data
 - g. Mengubah dan meng-edit data yang terdapat di dalam table basis data
 - h. Menghapus data dari table basis data
 - i. Membuat indeks untuk setiap table basis data
2. **Perluasan operasi basisdata**
 - a. Membaca dan menulis basis data dalam sistem basisdata yang lain
 - b. Dapat berkomunikasi dengan basisdata yang lain
 - c. Dapat menggunakan bahasa basisdata standar sql (structure query language)
 - d. Operasi-operasi atau fungsi analisis lain yang sudah rutin digunakan di dalam sistem basis data.

8.2. Fungsi Analisis SIG

Hampir semua software SIG menyediakan fasilitas untuk membangun model yang rumit (komplek) dengan mengkombinasikan fungsi-fungsi analitis. Sistem menyediakan berbagai fungsi pemodelan spasial yang rumit sampai fungsi yang spesifik. Meskipun demikian, hampir semua sistem software SIG menyediakan seperangkat fungsi analisis standar yang memungkinkan pengguna meng-akses data secara logical. Aronoff membagi 4 kategori fungsi analisis SIG, yaitu:

1. Retrieval, Reclassification dan Generalization
2. Teknik Topologi Tumpang-tindih (Overlay Topology Techniques)
3. Operasi Neighbourhood
4. Fungsi Koneksitas (Connectivity Functions)

Cakupan dari teknik analisis dari kategori diatas sangat luas. Pembahasan dalam buku ini hanya difokuskan pada fungsi fungsi analisis spasial yang sering dilakukan.

3. Retrieval, Reclassification and Generalization

- **Operasi retrieve data**

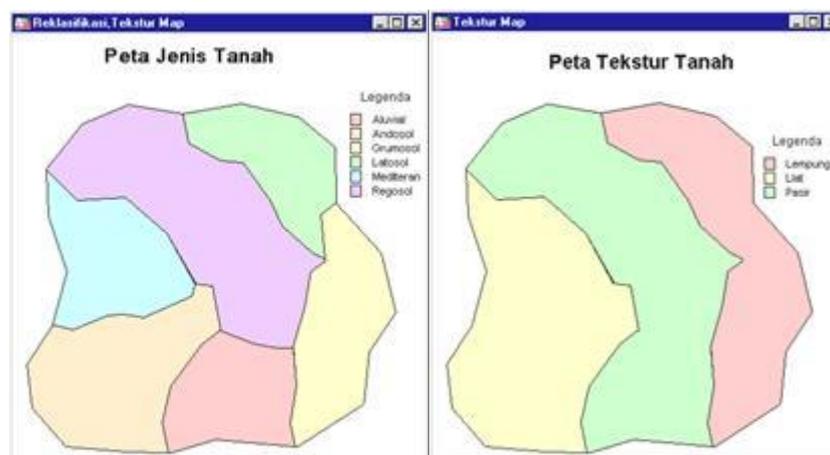
Operasi retrieval dapat dilakukan pada data spasial dan data atribut. Seringkali data di-retrieve secara selektif berdasarkan sebagian dari data atribut dan ditampilkan secara spasial. Meliputi pencarian data, manipulasi data, dan keluaran data tanpa merubah lokasi feature geografi atau membuat entiti baru

- **Reklasifikasi (Reclassification)** adalah mengklasifikasi kembali data spasial (atribut) menjadi data spasial yang baru dengan menggunakan kriteria tertentu. Misalnya dengan data spasial ketinggian permukaan bumi (topografi), dapat diturunkan data spasial kemiringan.

Reklasifikasi melibatkan pemilihan dan penyajian dari layer layer data yang dipilih berdasarkan kelas-kelas atau nilai-nilai dari atribut tertentu, misalnya reklasifikasi layer Tutupan Lahan, dimana area hutan dan area semak dikelaskan menjadi area non budidaya (satu layer data dikelaskan berdasarkan kisaran nilai-nilai atribut tertentu). Dengan demikian maka reklasifikasi adalah suatu teknik menggeneralisir atribut. Tipe dari fungsi ini adalah dengan menggunakan teknik pemolaan polygon seperti pengarsiran dan atau pewarnaan untuk penyajian spasialnya.

Contoh Reklasifikasi:

Membuat informasi turunan berdasarkan data tabular. Contohnya membuat peta tekstur tanah dari peta jenis tanah.



Gambar 8-1. Reklasifikasi peta Jenis Tanah menjadi Peta Tekstur Tanah.

Pada SIG yang berbasis vektor, batas-batas antar polygon umumnya nilai-nilai reklasifikasi dengan *operasi penggabungan (dissolved)* untuk membentuk suatu peta yang kontinyu dan seragam. Pada reklasifikasi raster pada dasarnya melibatkan penggabungan batas-batasnya. Penggabungan batas-batas peta yang didasarkan atas suatu nilai atribut tertentu seringkali dilakukan untuk membuat satu layer data baru. Hal ini sering dilakukan untuk kejelasan visual didalam pembuatan peta turunannya. Hampir semua software SIG menyediakan kemampuan untuk secara mudah penggabungan batas-batas berdasarkan hasil suatu reklasifikasi. Beberapa sistem memungkinkan pengguna membuat satu layer data baru untuk reklasifikasi saat yang lainnya melakukan penggabungan batas-batas selama output data.

Satu yang dapat dilihat bagaimana kemampuan query DBMS adalah suatu kebutuhan didalam proses reklasifikasi. Kemampuan didalam memproses dan menyajikan hasil reklasifikasi berupa sebuah peta atau laporan sangat tergantung pada SIG. Pada beberapa software, proses query tidak tergantung dari fungsi penyajian, sedangkan software lainnya terintegrasikan / terpadu dilakukan bersama dalam mode grafis. Proses yang pasti untuk melakukan suatu reklasifikasi sangat bermacam-macam dari satu SIG ke SIG lainnya. Beberapa akan menyimpan hasil querynya didalam sekumpulan query yang terbebas dari DBMS sedangkan yang lainnya menyimpan hasilnya pada suatu kolom atribut yang baru didalam DBMS. Adanya berbagai macam perbedaan pendekatan sangat tergantung pada arsitektur software SIGnya.

4. Topological Overlay

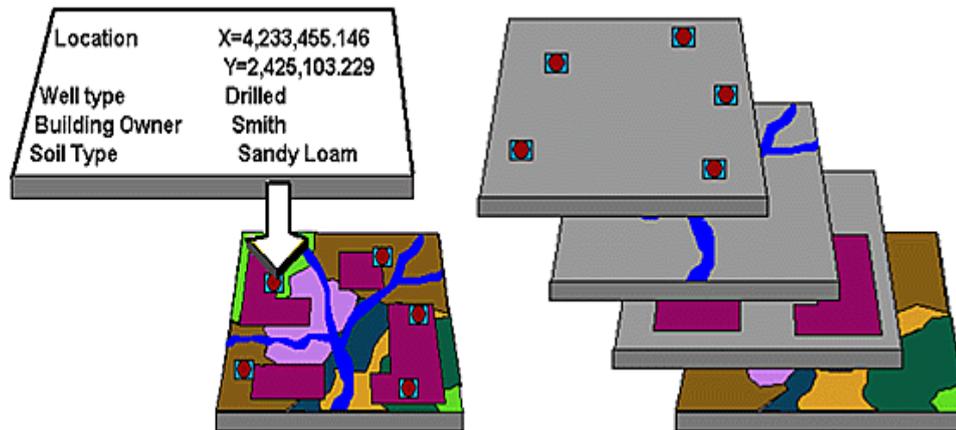
Kemampuan untuk melakukan tumpang tindih (overlay) dari beberapa layer data secara vertical merupakan kebutuhan dan teknik yang umum dipakai dalam pemrosesan data geografi. Pada kenyataannya, penggunaan struktur data topologi dapat ditelusuri kembali terhadap keinginan untuk menumpang-tindihkan layer layer data vektor. Dengan menggunakan konsep matematis *overlay polygon topology* menjadi sangat populer dalam *geoprocessing* dan menjadi dasar dari setiap paket software SIG.

Overlay topology didominasi oleh *overlay* data polygon dengan data polygon, seperti tutupan hutan dan tanah. Walaupun demikian, kebutuhan overlay titik, garis dan polygon diatas polygon sangat umum dijumpai. Untuk data vektor dan data raster, pertimbangannya berbeda didalam *overlay topology*.

Dalam sistem yang berbasis raster, operasi tumpang-tindih (overlay) dilakukan secara aritmatik, seperti penambahan (addition), pengurangan (subtraction), pembagian (division), perkalian (multiplication) dari layer-layer data. Pendekatan satu peta atribut, khususnya pada model data raster, seringkali menjadikan kemampuan overlay lebih fleksibel dan efisien. Model data raster memberikan kemampuan pemodelan numerik (analisis kuantitatif) yang sangat baik. Pemodelan spasial yang sangat baik adalah apabila dilakukan dengan menggunakan data raster.

Dalam sistem yang berbasis vektor, operasi tumpang-tindih topologi dilakukan dengan membuat kerangka jaringan topologi (topological network) dari dua atau lebih kerangka jaringan yang sudah ada. Hal ini diperlukan untuk membangun kembali tabel-tabel topologi, seperti garis (arc), node, polygon, dan proses ini membutuhkan waktu yang cukup lama serta kerja CPU yang cukup berat. Hasil dari overlay topologi pada data vektor merupakan suatu kerangka jaringan topologi baru yang berisi atribut-atribut yang berasal dari layer-layer data input aslinya. Dalam hal ini pemilihan query dapat dilakukan pada layer asli, seperti tutupan hutan dan tanah, untuk menentukan situasi tertentu yang terjadi, misalnya bagaimana tutupan hutan apabila drainase buruk.

Hampir semua software SIG dibuat dengan memakai logika yang konsisten untuk meng-overlay beberapa layer data. Kaidah Boolean dipakai untuk operasi property spasial dan atribut dari obyek geografi. Boolean aljabar yang dipakai sebagai operator adalah AND, OR, XOR, NOT untuk melihat apakah suatu kondisi tertentu adalah benar atau salah. Logika Boolean mewakili semua kombinasi yang dimungkinkan dari interaksi spasial antara obyek-obyek yang berbeda. Penerapan operator Boolean seringkali bersifat transparan kepada pengguna. Hingga saat ini teknik analisis yang utama yang dipakai dalam aplikasi SIG baik untuk data vektor dan raster adalah overlay topologi untuk layer-layer data terpilih.

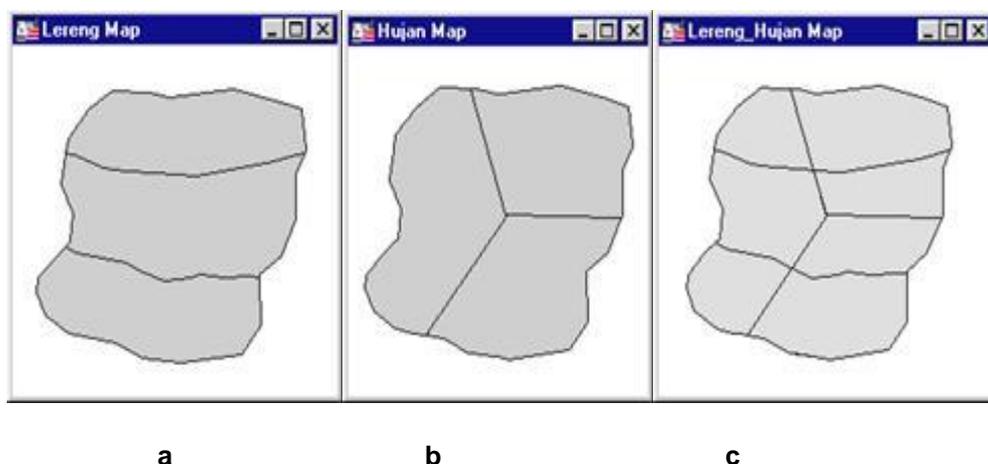


Gambar 8-2 Diagram yang memperlihatkan satu jenis operasi tumpang-tindih (overlay) yang diperlukan dimana beberapa layer yang berbeda secara spasial digabungkan untuk membentuk layer topologi yang baru. Dengan mengkombinasikan beberapa layer dalam satu topology, query dapat menjawab atribut yang diinginkan dari setiap layer.

Overlay merupakan penggabungan informasi beberapa peta untuk menghasilkan satu informasi baru.

1. Overlay Point on polygon adalah operasi spasial dimana satu layer tematik yang berisi satu titik unsur geografi atau lebih di-overlay terhadap poligon untuk memperoleh hubungan topologi
2. Overlay Line on polygon satu garis unsur geografi atau lebih di-overlay terhadap poligon untuk memperoleh hubungan topologi
3. Overlay polygon on polygon satu poligon unsur geografi atau lebih di-overlay terhadap poligon untuk memperoleh hubungan topologi

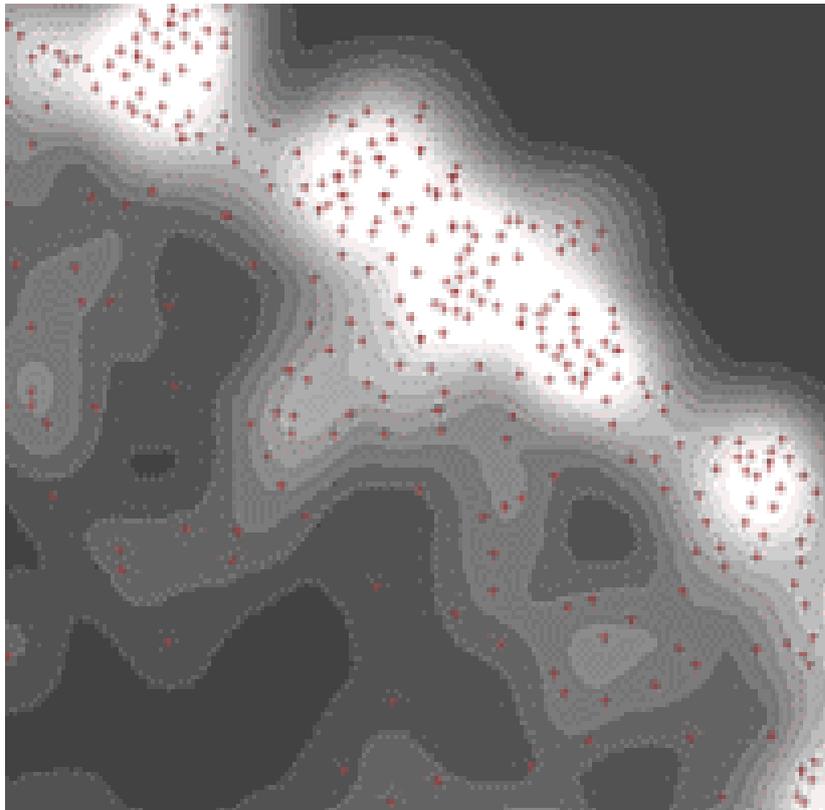
Di bawah ini disajikan contoh overlay kemiringan lereng dan peta curah hujan misalnya untuk menentukan daerah dengan kemiringan lereng terjal dan curah hujan sangat tinggi, dimana daerah tersebut biasanya berpotensi terjadi erosi yang besar.



Gambar 8-3. Overlay peta lereng dan peja curah hujan.

5. Operasi Neighbourhood (Neighbourhood Operations)

Operasi neighbourhood adalah operasi yang mengevaluasi karakteristik disekitar suatu area yang berada di lokasi tertentu. Secara virtual semua software SIG menyediakan beberapa bentuk analisis neighbourhood. Terdapat beberapa fungsi neighbourhood yang berbeda. Analisa fitur fitur topografi, seperti relief bentangalam umumnya dikategorikan sebagai suatu operasi neighbourhood. Operasi ini melibatkan bermacam macam teknik interpolasi titik termasuk kelerengan dan aspek perhitungan, pembentukan kontur, dan poligon Thiessen. Interpolasi didefinisikan sebagai metoda memperkirakan nilai-nilai yang tidak diketahui dengan menggunakan nilai-nilai yang diketahui yang berlokasi disekitarnya. Interpolasi seringkali dipakai terhadap data titik titik ketinggian.

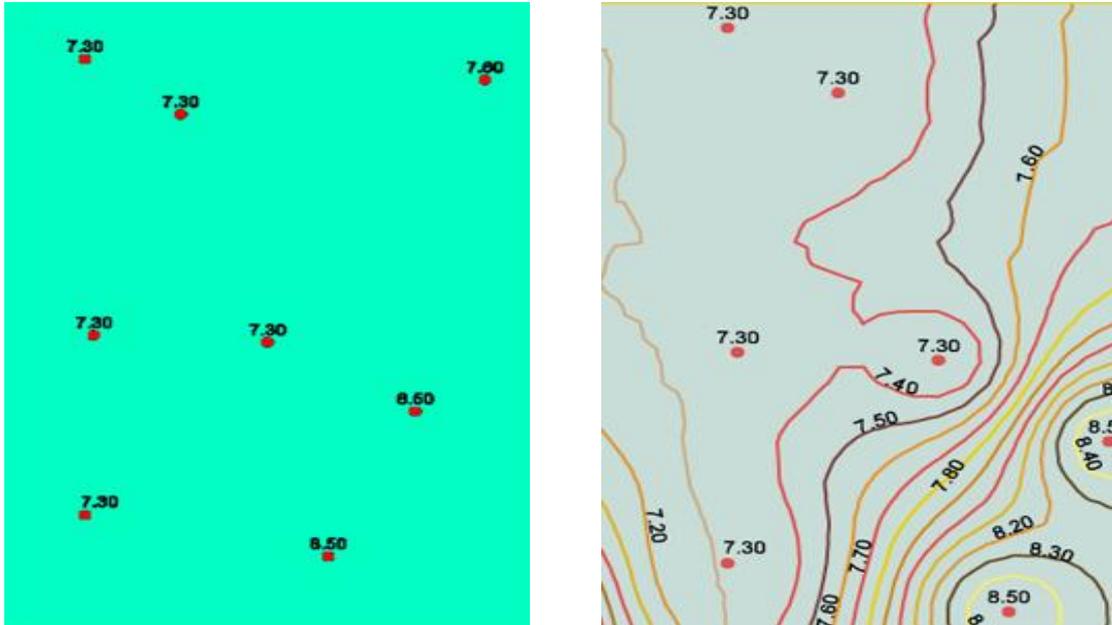


Gambar 8-4 Contoh yang menggambarkan suatu permukaan yang menerus yang dibuat berdasarkan interpolasi dari sampel data titik-titik ketinggian.

Data ketinggian seringkali diambil dari bentuk titik-titik yang teratur atau tidak beraturan. Titik-titik yang tidak beraturan disimpan dalam suatu jaringan segitiga tidak beraturan /triangular irregular network (TIN). TIN adalah suatu jaringan topologi vector dari permukaan segitiga yang dibentuk dari penggabungan titik-titik yang tidak beraturan dengan segmen garis lurus. Struktur TIN merupakan utilisasi ketika data yang tidak beraturan tersedia, terutama dalam sistem vektor. TIN adalah model data vektor untuk 3 dimensi (3D).

Suatu alternative didalam menyimpan data ketinggian adalah keteraturan titik Model Elevasi Digital (DEM). Istilah DEM seringkali mengacu kepada suatu grid dari titik-titik ketinggian didalam ruang. Titik-titik ini biasanya disimpan bersama dengan model data raster. Hampir semua software SIG menyediakan fasilitas analisis 3 dimensi dalam modul software yang terpisah.

Interpolasi merupakan suatu proses estimasi suatu nilai pada daerah yang tidak disampel berdasarkan data yang ada disekitarnya. Misalnya interpolasi nilai curah hujan berdasarkan data dari stasiun curah hujan, Inperpolasi garis kontur untuk membuat model elevasi digital. Di bawah ini disajikan model elevasi digital hasil interpolasi garis kontur.



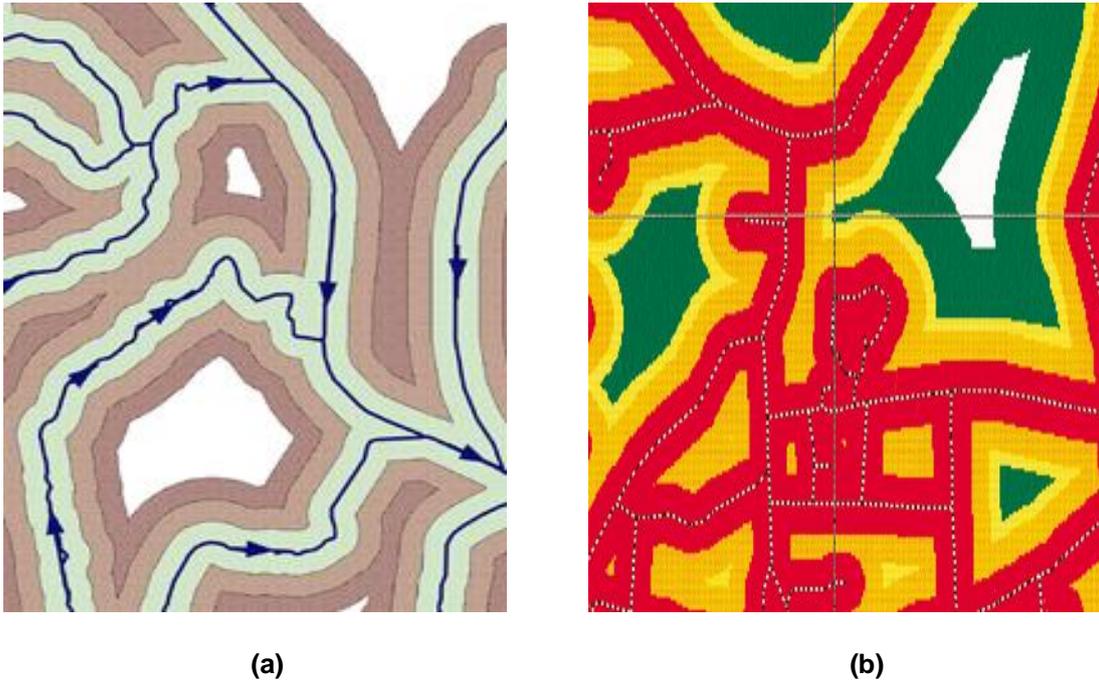
Gambar 8-5. Aplikasi interpolasi (a) Titik-titik ketinggian, dan (b) pembuatan garis kontur berdasarkan interpolasi titik titik ketinggian

4. Buffering

Buffering adalah pembuatan zona atau kawasan dengan menggunakan jarak dari suatu objek. Buffering melibatkan kemampuan untuk pembuatan zona dengan menggunakan jarak dari suatu obyek yang terpilih, seperti titik, garis atau area (polygon). Buffer adalah membentuk polygon karena mereka mewakili area disekitar suatu obyek. Buffering juga mengacu kepada pembentukan sona atau koridor pada model data raster.

Biasanya, hasil dari suatu proses buffering berguna didalam overlay topology dengan layer data lainnya. Sebagai contoh, untuk menentukan volume kayu yang berjarak tertentu dari suatu area penebangan, maka pengguna pertama kali akan membuat zona (buffer) pada layer area penebangan, kemudian menumpang-tindihkan (overlay) dan hasilnya suatu zona polygon dimana hutan yang terliput dalam layer data akan ditampilkan didalamnya. Hasil ini merupakan suatu layer data baru yang hanya berisi liputan hutan di dalam zona buffer. Sejak itu semua atribut yang ada hasil proses buffering dan overlay topology akan terpelihara.

Buffering adalah jenis operasi yang dipakai terhadap obyek-obyek berupa titik dan garis. Pembentukan buffer untuk obyek yang dipilih seringkali didasarkan atas jarak tertentu dari obyek tersebut, atau atas suatu atribut tertentu dari obyek tersebut. Sebagai contoh, buffering banyak digunakan untuk penentuan sempadan sungai atau jalan, daerah rawan bencana, dan sebagainya.



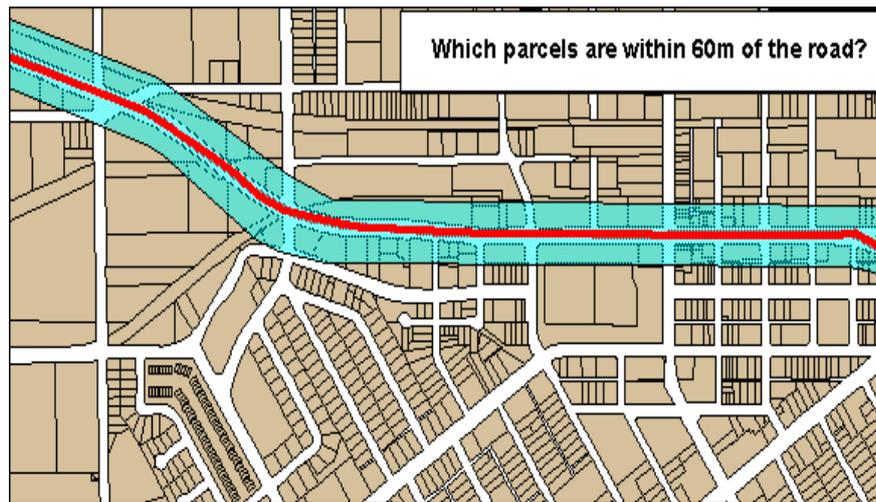
Gambar 8-6. Aplikasi buffer (a) Pembuatan sempadan sungai dengan buffer, dan (b) pembuatan zonasi pada jaringan jalan.

5. Analisis Keterhubungan (Connectivity Analysis)

Operasi keterhubungan dari obyek yang berbeda adalah penggunaan fungsi dimana nilai diakumulasi melalui area yang ditelusuri. Analisa semacam ini seringkali dilakukan untuk analisa permukaan dan jaringan. Yang termasuk dalam fungsi fungsi koneksitas / keterhubungan adalah analisis proximity, analisis jaringan, fungsi sebaran, dan analisis permukaan tiga dimensi seperti tampilan perspektif. Kategori dari teknik analisis kurang dikembangkan didalam software SIG komersial. Kemampuan analisis permukaan yang canggih umumnya disediakan untuk sistem yang berbasis raster, sedangkan kemampuan analisis jaringan linier disediakan untuk sistem berbasis vektor. Beberapa SIG menyediakan kemampuan untuk analisis vektor dan raster.

Teknik analisis kedekatan (proximity) terutama berhubungan dengan kedekatan satu obyek dengan obyek lainnya. Seringkali, proximity didefinisikan sebagai kemampuan untuk mengidentifikasi setiap obyek yang dekat dengan obyek lainnya berdasarkan lokasinya, nilai atributnya, atau jarak tertentu. Sebagai contoh yang sederhana misalnya tentukan / identifikasikan semua pohon hutan yang berada 100 meter dari jalan aspal, tetapi tidak perlu berdekatan dengannya. Hal ini penting sebagai catatan bahwa *neighbourhood buffering* seringkali dikategorikan sebagai analisis proximity.

Analisis proximity sering dipakai dalam aplikasi perkotaan, yaitu untuk memperkirakan wilayah / kawasan yang terlibat dan query kepemilikan tanah. Kedekatan dengan jalan dan infrastruktur merupakan hal yang sangat penting didalam perencanaan pembangunan, perhitungan pajak bumi dan bangunan, biaya utility.



Gambar 8-7. Zona / area yang berjarak 60 meter dari jalan.

Meng-identifikasi disekitar (adjacency) suatu obyek adalah fungsi analisis proximity lainnya. Adjacency didefinisikan sebagai kemampuan untuk mengenal (mengidentifikasi) setiap obyek geografi yang mempunyai atribut-atribut tertentu. Sebagai contoh adalah kemampuan untuk mengenal semua tanaman hutan yang jenisnya tertentu, misalnya speciesnya, atau disekitar suatu jalan aspal.

Teknik analisis jaringan dicirikan oleh pemakaian obyek-obyek yang saling berhubungan (feature networks). Obyek obyek yang saling berhubungan semuanya tersusun dari obyek-obyek garis, seperti misalnya jaringan sungai dan jaringan transportasi. Dua contoh teknik analisis jaringan seluruhnya mengalokasikan nilai-nilai untuk memilih obyek-obyek yang terdapat dalam jaringan untuk menentukan zona kapasitas, dan menentukan jalur terpendek diantara titik-titik yang berhubungan atau node-node didalam jaringan berdasarkan nilai-nilai atribut. Analisis ini dikenal sebagai *route optimization*. Nilai-nilai atribut kemungkinan secara sederhana sebagai jarak minimal, atau yang lebih kompleks melibatkan suatu model yang menggunakan beberapa atribut untuk menentukan kecepatan aliran.

6. Pemodelan (Modelling)

Analisis Tiga Dimensi (Three dimensional analysis) adalah operasi SIG yang melibatkan kemampuan yang berbeda-beda. Hal yang paling sering dilakukan adalah pembentukan permukaan perspektif. Permukaan perspektif biasanya diwakili oleh suatu diagram rangka kawat yang mencerminkan/merefleksikan profil bentangalam. Profil ini ditampilkan secara bersamaan dengan memindahkan garis-garis, menghasilkan suatu pandangan 3 dimensi. Sebagaimana diuraikan diatas, hampir semua software SIG menyediakan fasilitas analisis 3 dimensi yang berada pada paket modul yang terpisah.

Model merupakan bentuk penyederhanaan dari keadaan yang sebenarnya dengan memilih *feature* yang mewakili atau yang berhubungan. Valenzuela (1991b) membagi pemodelan menjadi 3, yaitu model deskriptif, model prediktif, dan model keputusan. Model deskriptif digunakan menggambarkan dunia nyata. Peta merupakan contoh model deskriptif. Model prediktif banyak digunakan untuk melakukan estimasi. Misalnya model prediksi erosi tanah menggunakan USLE (Universal Soil Loss Equation). Sementara model keputusan dipakai untuk memberikan suatu saran rekomendasi pada suatu kondisi dengan beberapa alternatif pilihan.

9 Pengembangan SIG

9.1. Pendahuluan

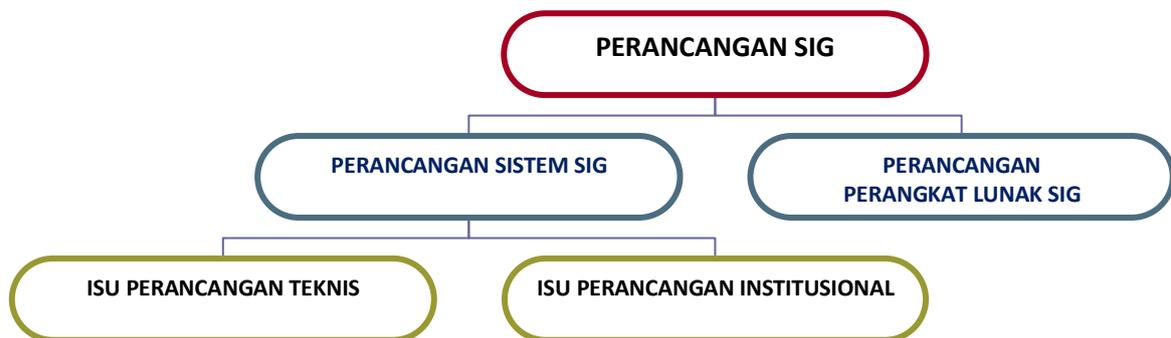
SIG umumnya memiliki kemampuan jauh melebihi kebutuhan komunikasi penggunanya, khususnya dalam aplikasi teknik komersial. Masalah utamanya adalah ketidaksesuaian antara kemampuan perangkat lunak dengan kebutuhan pada penggunanya: kebutuhan data dan analisis (termasuk pelatihan dan tingkat penerimaan pengguna), selain itu tentu saja kebutuhan mengenai personil:

Pengembangan system SIG memerlukan biaya dan waktu yang cukup besar, oleh karena itu, kegagalan sistem sedapat mungkin harus dihindari. Dalam dunia komputer, kegagalan yang paling sering terjadi tidak se-dramatis seperti pada bidang kedokteran atau medis yang kemungkinan besar dapat menyebabkan akibat fatal pada pasiennya.

Kegagalan perangkat lunak bersifat lebih halus. Kegagalan pada SIG cukup kompleks, seringkali system ini melibatkan ribuan langkah komputasi di dalam satu sesi, maka kesalahan sekecil apapun akan memiliki pengaruh akumulatif yang pada akhirnya menjadi besar.

9.1.1 Komponen Perancangan SIG

Perancangan SIG dapat dibagi dalam 2 komponen utama, yaitu: (a) perancangan perangkat lunak SIG, dan (b) perancangan sistem SIG.



Gambar 9-1 Komponen Perancangan Sistem Informasi Geografi

Perancangan perangkat lunak SIG memerlukan pengetahuan teknis yang luas mengenai struktur data, model data, dan pemrograman komputer. Pekerjaan ini menantang profesi yang menawarkan penghasilan tinggi. Pekerjaan ini memerlukan pengetahuan tentang sains dan rekayasa di bidang komputer.

Sementara perancangan sistem SIG menekankan faktor interaksi yang terjadi antara manusia sebagai individu, kelompok, dengan komputer sebagai komponen sistem yang masing-masing memiliki fungsi-fungsi tersendiri di dalam organisasi. SIG tidak sekedar

perhitungan, tetapi juga mengintegrasikan system ke dalam organisasi, bagaimana mempengaruhi pola pikir manusia, dan bagaimana kelakuan sistem merubah fungsi organisasi. Perancangan sistem SIG dapat dibagi menjadi dua bagian yang sangat interaktif:

1. Isu-isu perancangan teknis (internal)
2. Isi-isu perancangan institusional (eksternal).

Pertanyaan yang berkaitan dengan isu-isu perancangan teknis (internal), antara lain:

- a) Apakah sistem bekerja sesuai dengan keinginan?
- b) Dapatkah kita menjawab pertanyaan yang diperlukan?
- c) Apakah data yang didapat merupakan data yang tepat dan benar?
- d) Apakah kita memiliki personil yang tepat untuk menjalankan sistem?

Pertanyaan yang merupakan pertimbangan institusional yang merupakan isu-isu eksternal, antara lain:

- a) Dapatkah kita memperoleh harga yang wajar?
- b) Apakah kita memerlukan programmer aplikasi untuk meng-customize perangkat lunaknya?
- c) Apakah kita mendapatkan dukungan perangkat lunak yang memadai dari vendor SIG?
- d) Apakah kita secara legal bertanggung jawab terhadap kesalahan hasil analisa yang kita lakukan?

9.1.2. Pendekatan Rekayasa Perangkat Lunak

Rekayasa perangkat lunak adalah sekumpulan aktivitas kerja yang berkaitan erat dengan perancangan dan implementasi produk-produk dan prosedur yang dimaksudkan untuk merasionalisasikan produksi perangkat lunak berikut pengawasannya. Rekayasa perangkat lunak merupakan cabang sains ilmu teknologi komputer relative baru yang terdiri dari beberapa layer, diantaranya:

- a) **Layer proses:** bertindak sebagai perekat yang mempertahankan layer teknologi, mendefinisikan framework yang harus didirikan agar penyerahan teknologi rekayasa perangkat lunak menjadi efektif.
- b) **Layer metode:** menyediakan teknik bagaimana membangun perangkat lunak, melakukan analisis, pengujian, dan pengoperasian & pemeliharaan.
- c) **Layer tools:** memberikan dukungan otomatis atau semi otomatis terhadap layer proses dan layer metode.

Untuk memecahkan berbagai masalah dalam setting dunia industri, para analis menggabungkan strategi pengembangan yang meliputi layers proses, metode, dan tools diatas. Strategi ini dikenal sebagai **model proses**. Tugas perancang system SIG tidak sekedar menuliskan kode, program, atau bahasa script, tetapi lebih pada penyediaan:

- a) Informasi mengenai model-model dan struktur data yang tepat
- b) Perangkat lunak yang menyediakan kebutuhan-kebutuhan analisis dengan biaya terjangkau.
- c) Pelatihan-pelatihan yang diperlukan oleh pengguna
- d) Sistem yang sesuai untuk organisasi ybs.

9.2. Prinsip Perancangan Sistem

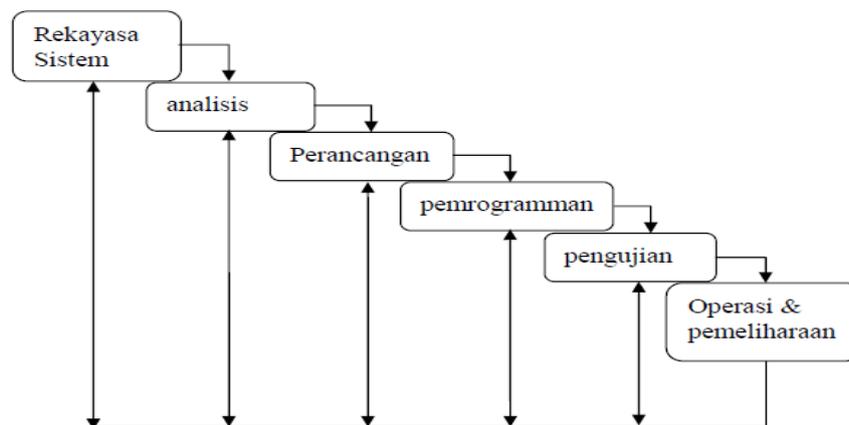
Salah satu konsep yang dikembangkan di bidang perancangan sistem adalah project life cycle. Tiga objektif dari siklus hidup pekerjaan di atas adalah :

- Mendefinisikan aktivitas-aktivitas beserta urutan-urutan pekerjaan yang akan dilakukan
- Menjamin konsistensi di dalam pekerjaan
- Memberikan kesempatan-kesempatan pembuatan keputusan manajemen mengenai kapan saat dimulainya atau diakhirinya suatu fase aktivitas di dalam keseluruhan pekerjaan.

Siklus hidup suatu pekerjaan hanya merupakan suatu petunjuk untuk manajemen, manajer masih harus membuat keputusan yang mendasar. Dalam pengembangan perangkat lunak, masalah yang muncul tidak dapat langsung dihilangkan, tetapi harus dikenali dulu sebelum solusinya dibuat. Pembuatan solusi harus melibatkan pihak pengembang perangkat lunaknya sehingga kualitasnya dapat ditingkatkan. Beberapa model proses yang digunakan untuk pengembangan sistem, antara lain: waterfall, prototyping, spiral, incremental, fourth generation techniques, dan modelmodel lainnya.

9.2.1. Model Proses Waterfall (System Development Life Cycles)

Model ini telah lama digunakan untuk pengembangan perangkat lunak yang disebut sebagai model atau paradigma klasik yaitu siklus hidup pengembangan sistem. Model ini sangat terstruktur dan bersifat linier. Model ini memerlukan pendekatan yang sistematis dan sekuensial di dalam pengembangan sistem perangkat lunaknya. Setiap tahap harus terjadi interaksi dan kerjasama yang harmonis antara pengembang perangkat lunak dengan penggunaannya. Produk akhir yang diterima oleh pengguna merupakan hasil satu siklus pengembangan (mulai dari tahap analisis dan perancangan kebutuhan sistem hingga integrasi dan pengujiannya) yang terdiri dari satu versi perangkat lunak.



Gambar 9-2 Pengembangan sistem dengan menggunakan model Waterfall

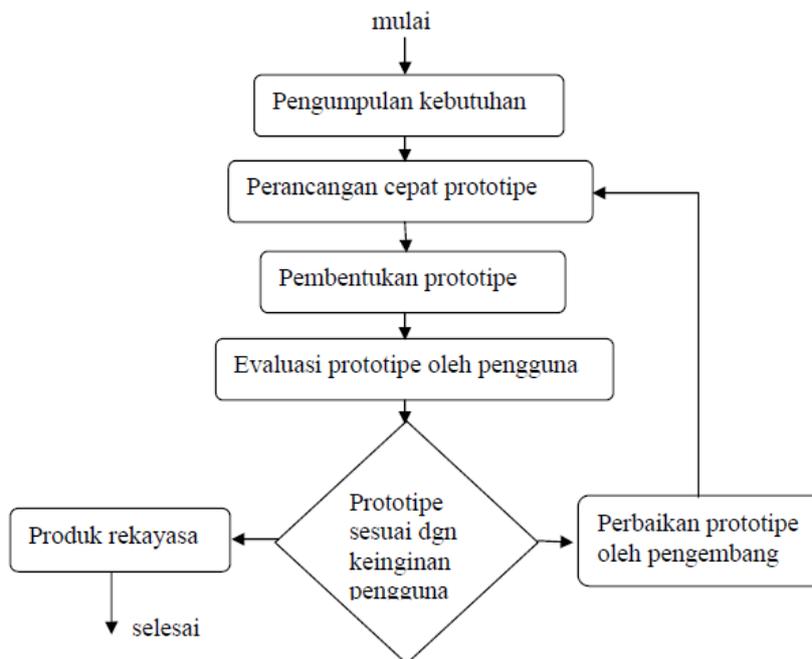
Kelemahan model ini:

- Suatu tahap akan mempengaruhi pekerjaan tahap-tahap berikutnya.
- Tidak mudah bagi pengguna untuk menentukan semua kebutuhannya secara eksplisit dan tuntas pada waktu yang ditentukan.
- Pengguna tidak melihat produk pengembangan sampai waktu tertentu (delivery)
- Kelemahan lain dari model ini adalah bersifat linier.

9.2.2. Model Proses Prototyping

Prototyping adalah model pengembangan sistem perangkat lunak yang melibatkan proses-proses pembentukan model (atau versi) perangkat lunak secara iterative. Model ini memiliki 3 bentuk kemungkinan:

- a) Bentuk prototype di atas kertas
- b) Bentuk working type
- c) Bentuk program jadi



Gambar 9-3 Tahapan pengembangan sistem dengan menggunakan model Prototyping

Kelemahan model ini, antara lain:

- a) Pengguna seringkali tidak menyadari bahwa working version dari model yang diminta, dibuat secara tergesa-gesa, rancangannya pun belum tersusun dengan baik.
- b) Pihak pengembang juga tidak jarang melakukan implementasi dengan terburu-buru karena menginginkan working versionnya bekerja dengan cepat.

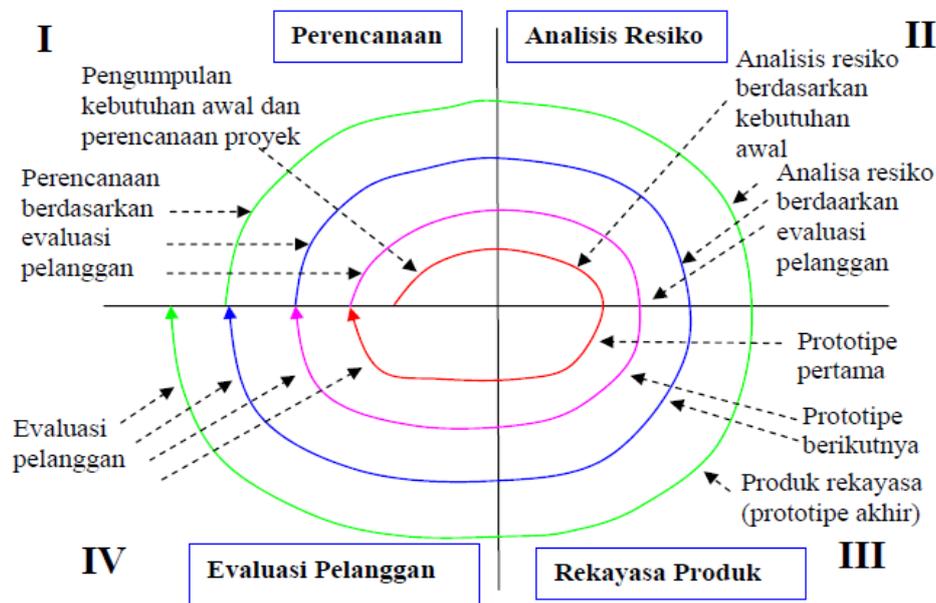
9.2.3. Model Proses Spiral

Pengembangan model ini mengadopsi fitur-fitur penting milik model-model waterfall (siklus hidup klasik) dan prototyping. Model ini memiliki fitur penting yang tidak dimiliki oleh model-model lain yang diadopsinya, yaitu analisis resiko (risk analysis).

Ciri khas model ini memiliki 4 aktivitas, diantaranya:

- (1) Perencanaan
- (2) Analisis resiko
- (3) Produk rekayasa
- (4) Evaluasi oleh pengguna

Model ini merupakan pendekatan yang paling realistis untuk pengembangan perangkat lunak skala besar. Model ini menggunakan pendekatan revolusioner sehingga baik pengembang maupun pengguna dapat memahami resiko yang mungkin terjadi sekaligus mempersiapkan langkah-langkah antisipasinya. Model ini membagi spiral ke dalam 4 sektor (kuadran) yang masing masing mewakili aktivitas yang dilakukannya. Dalam prakteknya jarang sekali suatu pengembangan perangkat lunak yang menggunakan model ini berhasil mengembangkan perangkat lunak produk akhir (produk rekayasa). Artinya prototipe pertama dapat langsung diterima oleh penggunanya.



Gambar 9-4 Diagram pengembangan sistem dengan menggunakan model Spiral

Kelemahan model ini:

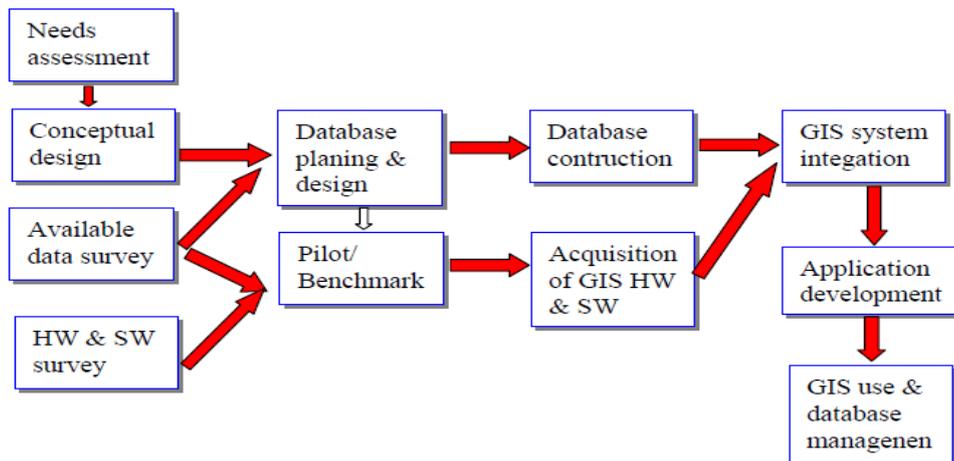
- Model ini perlu dipahami sebelum digunakan pada seluruh siklus. Hal ini berkaitan erat dengan kesesuaian kontrak
- Model proses risk-driven ini sangat bergantung pada kemampuan pihak pengembang dalam mengidentifikasi resiko pengembangan.

9.3. Pengembangan SIG

Pengembangan SIG tidak sekedar membeli perangkat keras dan perangkat lunaknya. Bagian terpenting dalam pengembangannya adalah pengembangan basisdatanya. Tugas ini memerlukan waktu, biaya, dan usaha-usaha perencanaan dan manajemen.

Gambar 9.5 menunjukkan bahwa proses pengembangan SIG terdiri dari 11 langkah yang harus dimulai dengan penaksiran kebutuhan dan diakhiri oleh proses kelanjutan penggunaan sistem SIG berikut pemeliharaan basis datanya. Aktivitas pengembangan dilakukan dengan proses sekuensial.

Siklus pengembangan SIG ini dibuat berdasarkan filosofi bahwa yang harus segera dilakukan pertama kali adalah memutuskan apa-apa yang harus dilakukan oleh SIG, kemudian, aktivitas berikutnya adalah menentukan bagaimana SIG akan melakukan setiap tugasnya.



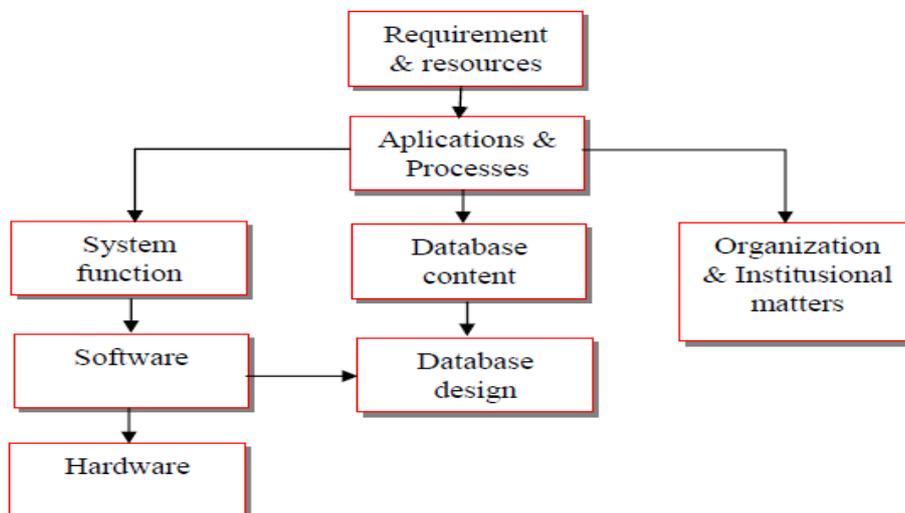
Gambar 9-5 Proses pengembangan SIG

9.4. Filosofi dan Implementasi SIG

Pengembangan SIG secara keseluruhan dapat dideskripsikan dalam bentuk filosofi perancangan dan implementasi SIG. Filosofi yang digunakan adalah "perancangan sistem harus dikendalikan oleh aplikasi". Sedangkan implementasinya mencakup konsep, perancangan, pengembangan, operasi, dan audit.

9.4.1. Filosofi Perancangan SIG

Keberhasilan implementasi SIG dalam suatu organisasi sangat bergantung pada dukungan yang memadai dari organisasi tersebut. Filosofi perncangan SIG harus dikendalikan oleh aplikasi-aplikasi. Dalam Gambar 9-6, persyaratan SIG harus ditentukan dalam pengertian dukungan system dalam menyediakan aplikasi yang diperlukan. Dukungan ini dibangun dan dibentuk dengan menggunakan semua sumberdaya yang sudah tersedia pada organisasi.



Gambar 9-6 Filosofi Perancangan SIG

9.4.2. Implementasi SIG

1. Konsep

- Analisis kebutuhan (requirement analysis)
- Evaluasi kelayakan (feasibility evaluation)

2. Perancangan

- Rencana implementasi (implementation plan)
- Perancangan sistem (system design)
- Perancangan basisdata (database design)

3. Pengembangan

- Akuisisi sistem (system acquisition)
- Akuisisi basisdata (database acquisition)
- Manajemen organisasi, staf, dan pelatihan (organizaion, staffing, and training)
- Persiapan prosedur operasi (operating procedure preparation)
- Persiapan lokasi (site preparation)

4. Operasi

- Instalasi sistem (system installation)
- Proyek percontohan (pilot project)
- Konversi data (data conversion)
- Pengembangan aplikasi (applicaion development)
- Konversi operasi digital (conversion to automated operation)

5. Audit

- Review sistem (system riview)
- Perluasan sistem (system expansion)

10 Daftar Pustaka

1. Budiyanto, E. (2005). Sistem Informasi Geografis Menggunakan ArcView GIS. 1st Edition. Andi Offset. Yogyakarta. ISBN: 979-5338803.
2. Charter, D., & Agtrisari, I. (2003). Desain dan Aplikasi Geographics Information System. 1st Edition. Elek Media Komputindo. Jakarta. ISBN: 979-2044353.
3. Heywood, I., Cornelius, S., & Carver, S. (2002). An Introduction to Geographical Information Systems. 2nd Edition. Prentice Hall International. . ISBN: 978-0582089402.
4. Ormsby, T., Napoleon, E., & Burke, R. (2004). Getting to Know ArcGIS Desktop: The Basics of ArcView, ArcEditor, and ArcInfo Updated for ArcGIS 9. 2nd Edition. Esri Press. ISBN: 978-1589480834.
5. Prahasta, E. (2001). Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis. 1st Edition. Informatika. Bandung. ISBN: 979-9644623.
6. Prahasta, E. (2002). Sistem Informasi Geografis: Tutorial ArcView. 1st Edition. Informatika. Bandung. ISBN: 979-3338008.
7. Prahasta, E. (2003). Sistem Informasi Geografis: ArcView Lanjut (Pemrograman Bahasa Script Avenue), 1st Edition. Informatika. Bandung. ISBN: 979-3338059.