

# 5

# AKUISISI DATA GIS

## GARIS BESAR BAB

5.1 Data GIS yang Ada

5.2 Metadata

5.3 Konversi Data yang Ada

5.4 Pembuatan Data Baru

Data dibutuhkan untuk pemetaan, analisis, dan pemodelan dalam sistem informasi geografis (SIG). Dari mana kita mendapatkan data yang kita butuhkan? Salah satu solusinya adalah dengan mengikuti ide mash-up, yaitu mendapatkan data dari berbagai sumber. Pertama-tama, kita dapat mempertimbangkan untuk menggunakan data dari sumber data yang ada, dan jika data yang kita butuhkan tidak tersedia, kita dapat mempertimbangkan untuk membuat data baru. Di Amerika Serikat, banyak lembaga pemerintah di tingkat federal, negara bagian, regional, dan lokal telah membuat situs web untuk mendistribusikan data SIG. Namun, ketika menggunakan data publik ini, yang ditujukan untuk semua pengguna SIG, alih-alih pengguna paket perangkat lunak tertentu, kita harus memperhatikan metadata dan metode pertukaran data untuk mendapatkan data yang tepat. Metadata menyediakan informasi seperti datum dan sistem koordinat tentang data, dan metode pertukaran data memungkinkan data dikonversi dari satu format ke format lainnya.

Di masa lalu, pembuatan data GIS baru berarti Digitalisasi peta kertas merupakan proses yang memakan waktu dan membosankan. Kini, data SIG baru dapat dibuat dari berbagai sumber data menggunakan berbagai metode. Alih-alih mengandalkan peta kertas, kita juga dapat menggunakan citra satelit, data lapangan, alamat jalan, dan berkas teks dengan koordinat x dan y sebagai sumber data. Alih-alih menggunakan digitizer untuk digitalisasi manual, kita juga dapat membuat data baru menggunakan pemindaian, digitalisasi di layar, atau sekadar konversi data dalam SIG.

Bab 5 disajikan dalam empat bagian berikut. Bagian 5.1 membahas data SIG yang ada di Internet, termasuk contoh dari berbagai tingkat pemerintahan. Bagian 5.2 dan 5.3 masing-masing membahas metadata dan metode pertukaran data. Bagian 5.4 memberikan gambaran umum tentang pembuatan

data GIS baru dari sumber data berbeda dan menggunakan metode produksi berbeda.

## **5.1 DATA GIS YANG ADA**

Sejak awal 1990-an, berbagai lembaga pemerintah di berbagai tingkatan di Amerika Serikat dan negara-negara lain telah membuat situs web untuk berbagi data publik dan mengarahkan pengguna ke sumber informasi yang diinginkan (Masser, Rajabifard, dan Williamson 2008). Internet juga merupakan media untuk menemukan data yang tersedia dari organisasi nirlaba dan perusahaan swasta. Bagian ini pertama-tama memperkenalkan infrastruktur data spasial, pusat kliring, dan portal geografis. Kemudian, bagian ini menjelaskan data geospasial yang tersedia di Amerika Serikat dan dari sumber-sumber lain.

### **5.1.1 Infrastruktur Data Spasial, Clearinghouse, dan Geoportal**

Di Amerika Serikat, **Komite Data Geografis Federal (FGDC)** adalah komite antarlembaga yang telah memimpin pengembangan kebijakan, standar metadata, dan pelatihan untuk mendukung infrastruktur data spasial nasional dan upaya koordinasi sejak tahun 1990 (<http://www.fgdc.gov/>).

Infrastruktur data spasial (SDI), menurut Maguire dan Longley (2005), adalah sistem terdistribusi yang memungkinkan perolehan, pemrosesan, pendistribusian, penggunaan, pemeliharaan, dan pelestarian data spasial. Clearinghouse dan geoportal adalah dua mekanisme untuk mendukung SDI. Clearinghouse menyediakan akses ke data geospasial dan layanan daring terkait untuk akses, visualisasi, dan pemesanan data. Geoportal, sebuah konsep yang lebih baru daripada clearinghouse, menawarkan berbagai layanan, termasuk tautan ke layanan data, berita, referensi, forum komunitas, dan seringkali penampilan interaktif (Goodchild, Fu, dan Rich 2007). Dengan kata lain, clearinghouse berpusat pada data, sedangkan geoportal berpusat pada layanan.

**Data.gov**, diluncurkan pada tahun 2009, adalah geoportal pemerintah AS yang menyediakan akses ke data dan layanan peta federal AS (<http://www.data.gov/>). Pada awal 2017, situs web ini mencantumkan 194.000 set data geospasial dan non-geospasial. Set data tersebut diurutkan berdasarkan topik, tag, format, dan organisasi. Untuk mencari data geospasial, pengguna dapat menggunakan lokasi

peta, pilih organisasi, atau ketik nama kumpulan data di kotak pencarian.

Pada tahun 2011, FGDC mengoordinasikan pengembangan **Platform Geospasial (<http://www.geoplatform.gov/>)**, sebuah geoportal yang memungkinkan pengguna membuat peta dengan menggabungkan data mereka sendiri dengan data domain publik (yaitu, melalui Data.gov). Setelah peta dibuat, peta tersebut dapat dibagikan dengan orang lain melalui peramban dan teknologi seluler, mirip dengan Google My Maps.

Di Eropa, pengembangan geoportal utama adalah **INSPIRE** (Infrastruktur untuk Informasi Spasial di Komunitas Eropa), yang menyediakan sarana untuk mencari kumpulan data dan layanan spasial, dan untuk melihat 34 tema data spasial dari negara-negara anggota Uni Eropa termasuk jalan, tempat berpenduduk, tutupan/penggunaan lahan, batas administratif, data elevasi, dan dasar laut (<http://>

Arahan **INSPIRE** juga mewajibkan negara-negara anggota untuk mengikuti aturan implementasi di bidang metadata, spesifikasi data, layanan jaringan, berbagi data dan layanan, serta pemantauan dan pelaporan.

Portal **Sistem Observasi Bumi Global (GEOSS)**, yang dikelola oleh Group on Earth Observations (GEO), menyediakan akses ke data observasi Bumi (<http://www.geoportal.org/>). Portal ini mencakup tema-tema berikut: bencana, kesehatan, energi, iklim, air, cuaca, ekosistem, pertanian, dan keanekaragaman hayati. Pengguna dapat mengakses data berdasarkan negara atau lokasi geografis.

### **5.1.2 Survei Geologi AS Survei**

Geologi AS (USGS) adalah penyedia utama data geospasial di Amerika Serikat. USGS memiliki dua geoportal: USGS Earth Explorer untuk data global (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) dan The National Map (<http://nationalmap.gov/>) untuk data AS. Kotak 5.1 merangkum format data untuk produk-produk utama USGS.

(1) USGS Earth Explorer Dengan menggunakan alat USGS Earth Explorer, pengguna dapat meminta, mencari, dan mengakses citra satelit (misalnya, Landsat, satelit komersial, radar, Sentinel-2),

**Kotak 5.1 Format Data untuk Produk USGS**

Selama bertahun-tahun, USGS telah mengubah bentuk-mat untuk pengiriman data SIG sesuai kebutuhan pengguna. Berikut ini adalah format data untuk produk-produk utama USGS per awal 2017. Di Amerika Serikat, DEM tersedia dalam format Arc GRID, Grid Float, dan IMG, sedangkan data sumber elevasi tersedia dalam format LAS. DEM global seperti ASTER, SRTM, dan

GMTED2010 didistribusikan dalam file GeoTIFF. TIFF juga merupakan format untuk database penutup lahan dan DOQ. Data vektor seperti batas wilayah, hidrografi, struktur, dan transportasi tersedia dalam format shapefile atau geodatabase. Terakhir, nama geografis dapat diunduh dalam format teks.

Foto udara (misalnya, ortofoto quad digital [DOQ], ortocitra resolusi tinggi), produk turunan citra (misalnya, elevasi digital, tutupan lahan, pemantauan vegetasi), dan koleksi LP DAAC (Land Processes Distributed Active Archive Center) secara global. Koleksi LP DAAC mencakup citra MODIS dan model elevasi digital (DEM) SRTM dan ASTER (<https://lpdaac.org/>)

**lpdaac ...**

.usgs.gov/). Citra satelit yang tersedia melalui USGS Earth Explorer dibahas di Bab 4.

Banyak pengguna SIG akan merasa DEM global yang tersedia dari USGS Earth Explorer sangat berguna. Selain DEM SRTM dan ASTER (Bab 4), USGS Earth Explorer menawarkan Global Multi-resolution Terrain Elevation Data 2010 (GMTED2010), serangkaian produk elevasi dengan tiga resolusi berbeda, yaitu sekitar 1000, 500, dan 250 meter (Danielson dan Gesch 2011). GMTED2010 menyediakan cakupan global semua wilayah daratan dari 84° LU hingga 56° LS untuk sebagian besar produk, dan cakupan dari 84° LU hingga 90° LS untuk beberapa produk. Sumber data utama untuk GMTED2010 adalah SRTM; sumber data lainnya termasuk DEM SPOT5 (Bab 4) dan DEM dari Peta Nasional.

GMTED2010 menggantikan GTOPO30, DEM global lain yang tersedia dari USGS Earth Explorer, sebagai set data elevasi pilihan untuk aplikasi skala global. Dikompilasi dari citra satelit dan sumber data vektor, DEM GTOPO30 memiliki jarak grid horizontal 30 detik busur atau sekitar 1 kilometer.

DEM ASTER dan SRTM diukur dalam koordinat geografis dan direferensikan ke datum horizontal WGS84 (World Geodetic System 1984, Bab 2), dan datum vertikal berdasarkan geoid EGM96 (Earth Gravitational Model 1996) yang dikembangkan oleh National Imagery and Mapping Agency (NIMA), NASA, dan Ohio State University.

Geoid adalah model permukaan laut rata-rata global, yang dihitung menggunakan pembacaan gravitasi di darat dan digunakan untuk mengukur elevasi permukaan. GMTED2010 merujuk ke WGS84 dan berbagai geoid lainnya, bergantung pada sumber inputnya.

## (2) Peta Nasional

Peta Nasional adalah geoportal yang dirancang bagi pengguna untuk mengakses data dasar, produk peta, dan layanan web geospasial di Amerika Serikat. Data dasar yang tersedia dari Peta Nasional meliputi elevasi, hidrografi, batas wilayah, transportasi, struktur, nama geografis, ortocitra, dan tutupan lahan:

- Produk elevasi (yaitu, DEM) dan data sumber elevasi ditawarkan berdasarkan arahan Program Elevasi 3D (3DEP). Tujuan program ini adalah untuk mengumpulkan data elevasi dalam bentuk data LiDAR (deteksi cahaya dan pengukuran jarak) di wilayah Amerika Serikat, Hawaii, dan wilayah-wilayah sekitarnya, serta data IfSAR (interferometric synthetic aperture radar, juga disingkat InSAR) di wilayah Alaska.

Tabel 5.1 menunjukkan jenis DEM, spasial

**TABEL 5.1 Produk Elevasi USGS\***

DEM	Resolusi Spasial	Akurasi Vertikal	Cakupan
1 detik busur	30 m	2,44 m	Berselbaran dengan Amerika Serikat, Hawaii, Puerto Riko, dan pulau-pulau teritorial
1/3 detik busur	10 m	2,44 m	Amerika Serikat yang berbatasan dengan Hawaii, dan sebagian Alaska
1/9 detik busur	3 m	15 cm	Wilayah terbatas di Amerika Serikat yang berbatasan
1 meter	1 m	10 cm	Wilayah terbatas di Amerika Serikat yang berbatasan

\*DEM yang tersedia di Alaska mencakup 2 DEM detik busur (resolusi spasial 60 m) dan 5 meter.

resolusi, akurasi vertikal, dan cakupan area produk elevasi USGS.

Akurasi vertikal DEM didasarkan pada pengukuran statistik (kesalahan kuadrat rata-rata akar, Bab 6) dari selisih antara DEM dan titik survei presisi tinggi di seluruh wilayah Amerika Serikat yang berbatasan (Gesch 2007). DEM 3DEP diukur dalam koordinat geografis berdasarkan datum horizontal NAD83 (Datum Amerika Utara 1983, Bab 2) dan datum vertikal NAVD88 (Datum Vertikal Amerika Utara 1988). NAVD88 adalah permukaan referensi dengan elevasi nol, yang digunakan untuk mengukur ketinggian dan kedalaman di atas dan di bawah permukaan laut rata-rata di Amerika Utara.

- Data hidrografi meliputi Kumpulan Data Hidrografi Nasional (NHD), kumpulan data air permukaan yang mencakup semua danau dan sungai, dan Kumpulan Data Batas Daerah Aliran Sungai (WBD), kumpulan data yang menentukan luas areal drainase air permukaan ke suatu titik untuk semua daratan dan luas permukaan.
- Data batas mencakup wilayah sipil utama, termasuk negara bagian, daerah, tanah federal dan penduduk asli Amerika, serta tempat-tempat yang tergabung seperti kota besar dan kecil.
- Data transportasi terdiri dari jalan raya, bandara, rel kereta api, dan jalur setapak.
- Data struktur mencakup lokasi dan karakter karakteristik fasilitas buatan manusia seperti sekolah, perkemahan, rumah sakit, dan kantor pos. • Nama geografis mencakup nama-nama tertentu dari fitur fisik dan budaya seperti

pegunungan, lembah, tempat berpenduduk, sekolah, dan gereja.

- Data ortocitra mengacu pada ortofoto digital (Bab 4). Peta Nasional menawarkan ortofoto digital 1 meter untuk wilayah Amerika Serikat bagian ujung dengan banyak wilayah perkotaan pada resolusi 2 kaki atau lebih halus. • Data tutupan lahan mencakup seluruh negara, Basis data resolusi 30 meter yang diklasifikasikan dari citra Landsat (Bab 4).

### 5.1.3 Badan Penerbangan dan Antariksa Nasional

Badan Penerbangan dan Antariksa Nasional (NASA) adalah penyedia utama citra satelit dan produk turunannya di Amerika Serikat.

Bagian 5.1.2 telah membahas LP DAAC, sebuah proyek gabungan antara NASA dan USGS, yang menyediakan data geospasial melalui USGS Earth Explorer. NASA memiliki geoportal sendiri: NASA Earth Observations (NEO) dan Pusat Data dan Aplikasi Sosial Ekonomi NASA (SEDAC).

NEO (<http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/>) menyediakan lebih dari 50 set data global yang berbeda tentang tema atmosfer, energi, daratan, kehidupan, dan lautan. Misalnya, tema daratan memiliki 25 set data, termasuk suhu permukaan daratan, kebakaran aktif, tutupan salju, dan indeks vegetasi. Set data ini direpresentasikan dengan snapshot harian, mingguan, dan bulanan, dan gambar tersedia dalam berbagai format termasuk GeoTIFF, Google Earth, JPEG, dan PNG.

SEDAC (<http://sedac.ciesin.columbia.edu/>) mengorganisasikan kumpulan data global, tingkat negara, dan regionalnya

menjadi 15 tema, termasuk keberlanjutan, populasi, konservasi, iklim, bahaya, penggunaan lahan, pertanian, dan perkotaan. Misalnya, tema populasi memiliki kumpulan data tentang kepadatan penduduk, jumlah penduduk, populasi perkotaan dan pedesaan serta luas lahan, dan estimasi paparan populasi di sekitar pembangkit listrik tenaga nuklir. Kumpulan data ini tersedia dalam berbagai format termasuk GeoTIFF dan shapefile.

#### 5.1.4 Biro Sensus AS

Biro Sensus AS menawarkan berkas TIGER/Line, yang merupakan ekstrak informasi geografis/kartografis dari basis data **MAF/TIGER (Master Address File/Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing)**. Berkas TIGER/Line, yang dapat diunduh di situs web Biro Sensus (<https://www.census.gov/geo/maps-data/data/tiger.html>) dalam format shapefile dan geodatabase untuk berbagai tahun, memuat batas wilayah hukum dan statistik seperti kabupaten, wilayah sensus, dan kelompok blok, yang dapat dihubungkan dengan data sensus, serta jalan, rel kereta api, sungai, badan air, saluran listrik, dan pipa. Sejumlah berkas TIGER/Line terbatas yang telah digabungkan dengan data demografi tersedia untuk diunduh. Telah dilaporkan bahwa berkas TIGER/Line terbaru memiliki akurasi posisi yang jauh lebih baik (Zandbergen, Ignizio, dan Lenzer 2011). Atribut TIGER/Line mencakup rentang alamat di setiap sisi segmen jalan, berguna untuk pencocokan alamat (Bab 16).

Biro Sensus AS juga menyediakan berkas batas kartografi, yang merupakan representasi sederhana dari wilayah geografis terpilih dari basis data MAF/TIGER untuk aplikasi pemetaan tematik. Berkas-berkas ini disusun berdasarkan negara bagian dan negara bagian. Berkas-berkas ini tersedia dalam format shapefile untuk Sensus 2010, Sensus 2000, dan tahun-tahun non-desennial, serta dalam format KML untuk 2013–2015. Tugas 4 di bagian aplikasi menggunakan berkas KML Biro Sensus di Google Earth.

#### 5.1.5 Layanan Konservasi Sumber Daya Alam

Layanan Konservasi Sumber Daya Alam (NRCS) dari Departemen Pertanian AS

mendistribusikan data tanah secara nasional melalui situs webnya (<http://websoilsurvey.sc.egov.usda.gov/App/HomePage.htm>). Disusun pada skala 1:250.000 di wilayah daratan Amerika Serikat, Hawaii, Puerto Riko, dan Kepulauan Virgin, serta pada skala 1:1.000.000 di Alaska, basis data **STATSGO2 (State Soil Geographic)** cocok untuk keperluan perencanaan dan pengelolaan yang luas. Disusun dari pemetaan lapangan pada skala 1:12.000 hingga 1:63.360, **SSURGO (Soil Survey Geographic)**

Basis data ini dirancang untuk penggunaan di tingkat pertanian, kotamadya, dan kabupaten.

**gSSURGO** adalah versi raster dari SSURGO. **gSSURGO** memiliki resolusi spasial 10 meter dan dirancang untuk digunakan dengan data raster lain seperti penggunaan lahan dan tutupan lahan serta data elevasi dari USGS.

#### 5.1.6 Contoh Data Tingkat Negara Bagian, Metropolitan, dan Kabupaten

Setiap negara bagian di Amerika Serikat memiliki pusat kliring atau geoportal untuk data SIG di seluruh negara baginya. Contohnya adalah Perpustakaan Negara Bagian Montana (<http://geoinfo.msl.mt.gov>). Pusat kliring ini menyediakan data di seluruh negara bagian dan regional. Kategori data meliputi batas wilayah, klimatologi/meteorologi/atmosfer, ekonomi, elevasi, lingkungan, pertanian, kesehatan, perairan pedalaman, transportasi, utilitas/komunikasi, dan lainnya.

Disponsori oleh 18 pemerintah daerah di wilayah San Diego, Asosiasi Pemerintah San Diego (SANDAG) (<http://www.sandag.org>) merupakan contoh pusat data metropolitan. Data yang dapat diunduh dari situs web SANDAG meliputi jalan, properti, taman, danau, topografi, sensus, dan lainnya, dalam lebih dari 270 lapisan.

Banyak county di Amerika Serikat menawarkan data SIG untuk dijual. Clackamas County di Oregon, misalnya, mendistribusikan data dalam bentuk shapefile melalui divisi SIG-nya (<http://www.clackamas.us/gis/>). Contoh kumpulan data meliputi batas administratif, biosains, elevasi, geosains, hidrografi, tata guna lahan, lot pajak, dan transportasi.

**TABEL 5.2 Data GIS yang Dapat Diunduh dalam Skala Global**

Produk	Keterangan	Situs web
Bumi Alami	Data budaya, fisik, dan raster pada skala 1:10 m, 1:50 m, dan 1:110 m	<a href="http://www.naturalearthdata.com/">http://www.naturalearthdata.com/</a>
Peta Jalan Terbuka	Bangunan, jalan raya, rel kereta api, jalur air, dan penggunaan lahan	<a href="http://www.openstreetmap.org">http://www.openstreetmap.org</a>
DIVA-GIS	Batas wilayah, jalan raya, rel kereta api, ketinggian, tutupan lahan, kepadatan penduduk, iklim, keberadaan spesies, dan pengumpulan tanaman	<a href="http://www.diva-gis.org">http://www.diva-gis.org</a>
UNEP Lingkungan Hidup	Suhu, emisi partikel, produksi bersih, reaktor tenaga nuklir, kawasan lindung, dan banyak topik lainnya	<a href="http://geodata.grid.unep.ch/#">http://geodata.grid.unep.ch/#</a>
Penjelajah Data		
Jaringan Geo FAO	Batas-batas, pertanian, perikanan, kehutanan, hidrologi, tutupan dan penggunaan lahan, tanah, dan topografi	<a href="http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home#">http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home#</a>
Peta Global ISCGM	Batas-batas, transportasi, drainase, pusat-pusat populasi, elevasi, vegetasi, dan tutupan lahan serta penggunaan lahan	<a href="http://www.iscgm.org/gm/">http://www.iscgm.org/gm/</a>
SoilGrids	Data tanah	<a href="http://www.isric.org/content/soilgrids">http://www.isric.org/content/soilgrids</a>

### 5.1.7 Data GIS dari Sumber Lain

Data SIG global yang lebih banyak telah tersedia dalam beberapa tahun terakhir. Tabel 5.2 mencantumkan beberapa data yang dapat diunduh dalam skala global dari organisasi PBB.

dan LSM. Data LiDAR telah menjadi sumber data utama untuk DEM resolusi tinggi. Selain geoportal USGS, Kotak 5.2 mencantumkan situs web tambahan, tempat data LiDAR gratis juga tersedia.



**Kotak 5.2 Sumber Data LiDAR**

Karena data LiDAR telah menjadi data utama sumber DEM resolusi tinggi, penting untuk mengetahui di mana data LiDAR gratis tersedia. Beberapa situs-situs tersebut adalah sebagai berikut:

- Didanai oleh National Science Foundation, OpenTopography (<http://www.opentopography.org/>) menawarkan distribusi dan pemrosesan data titik awan LiDAR; data raster pra-komputasi dari LiDAR dan SRTM; dan citra turunan LiDAR dalam file Google Earth (KMZ).
- Inventarisasi Ketinggian Antar Lembaga Amerika Serikat (<https://coast.noaa.gov/inventory/>) mencakup

topografi LiDAR, topobathy garis pantai LiDAR, dan data ifSAR.

- NOAA Digital Coast (<https://coast.noaa.gov/digitalcoast>) menawarkan data LiDAR untuk pengelolaan pesisir.
- Didanai oleh National Science Foundation, National Ecological Observatory Network (NEON) (<http://www.neonscience.org/data-resources/get-data/airborne-data>) menyediakan data LiDAR dalam bentuk DEM dan titik awan.

Badan Antariksa Eropa menyediakan citra satelit Sentinel gratis, baik aktif maupun pasif, untuk diunduh (Bab 4).

Penyimpanan data GIS online, seperti webGIS (<http://www.webgis.com/>), GIS Data Depot (<http://data.geocomm.com/>), Map-Mart (<http://www.mapmart.com/>), dan LAND INFO International (<http://www.landinfo.com/>), memuat berbagai data peta digital, DEM, dan sumber citra.

Beberapa perusahaan komersial menyediakan data GIS khusus untuk pelanggan mereka. Citra satelit beresolusi sangat tinggi tersedia dari Digital Globe (<http://www.satimagingcorp.com/>) dan Airbus De-fence and Space (<http://www.astrium-geo.com/>).

Peta jalan dan data yang terkait dengan sistem navigasi kendaraan tersedia dari TomTom (<http://www.tomtom.com/>) dan HERE (sebelumnya NAVTEQ) (<https://company.here.com/here/>).

## 5.2 METADATA

**Metadata** menyediakan informasi tentang data geospasial.

Oleh karena itu, metadata merupakan bagian integral dari data SIG dan biasanya disiapkan serta dimasukkan selama proses produksi data. Metadata penting bagi siapa pun yang berencana menggunakan data publik untuk proyek SIG (Comber, Fisher, dan Wadsworth 2005). Pertama, metadata memberi tahu kita apakah data tersebut memenuhi kebutuhan spesifik kita dalam hal cakupan wilayah, kualitas data, dan keberlakuan data. Kedua, metadata menunjukkan kepada kita cara mentransfer, memproses, dan menginterpretasikan data geospasial. Ketiga, metadata mencakup kontak untuk informasi tambahan.

Pada tahun 1998, FGDC menerbitkan Standar Konten untuk Metadata Geospasial Digital (CS-DGM) (<http://www.fgdc.gov/metadata/geospatial-metadata-standards>). Standar-standar ini mencakup informasi berikut: identifikasi, kualitas data, organisasi data spasial, referensi spasial, entitas dan atribut, distribusi, referensi metadata, sitasi, periode waktu, dan kontak. Pada tahun 2003, Organisasi Standar Internasional (ISO) mengembangkan dan menyetujui ISO 19115, "Informasi Geografis—Metadata." Sejak saat itu, FGDC telah mendorong lembaga-lembaga federal untuk melakukan transisi ke

Metadata ISO: 19115-1 untuk mendokumentasikan data vektor dan titik serta layanan data geospasial, dan perluasan 19115-2 untuk mendeskripsikan citra dan data grid serta data yang dikumpulkan menggunakan instrumen (misalnya, sensor pemantauan). Sebagai contoh, versi terbaru 19115-1 (2014) menetapkan bahwa metadata harus menyediakan informasi tentang identifikasi, jangkauan, kualitas, aspek spasial dan temporal, konten, referensi spasial, penggambaran, distribusi, dan properti lain dari data dan layanan geografis digital.

Untuk membantu memasukkan metadata, banyak alat metadata telah dikembangkan untuk berbagai sistem operasi. Beberapa alat gratis, dan beberapa dirancang untuk paket SIG tertentu. Misalnya, ArcGIS memiliki alat metadata untuk membuat dan memperbarui metadata, termasuk metadata CSDGM dan ISO.

## 5.3 KONVERSI DATA YANG ADA

Data publik disampaikan dalam berbagai format.

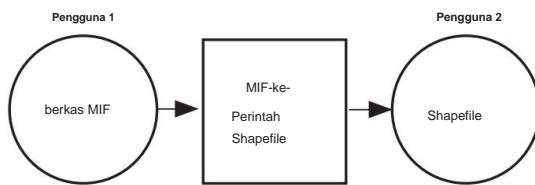
Kecuali format data kompatibel dengan paket SIG yang digunakan, kita harus mengonversi data terlebih dahulu.

**Konversi data** di sini didefinisikan sebagai mekanisme untuk mengonversi data SIG dari satu format ke format lainnya. Konversi data bisa mudah atau sulit, tergantung pada spesifikasi format data. Format data proprietary memerlukan penerjemah khusus untuk konversi data, sedangkan format netral atau publik memerlukan paket SIG yang memiliki penerjemah untuk bekerja dengan format tersebut.

### 5.3.1 Terjemahan Langsung

**Penerjemahan langsung** menggunakan penerjemah dalam paket SIG untuk mengonversi data geospasial secara langsung dari satu format ke format lainnya (Gambar 5.1). Penerjemahan langsung dulunya merupakan satu-satunya metode konversi data sebelum standar data dan SIG terbuka dikembangkan. Banyak pengguna masih lebih memilih penerjemahan langsung karena lebih mudah digunakan dibandingkan metode lain.

ArcToolbox di ArcGIS, misalnya, dapat menerjemahkan berkas DGN Microstation, berkas DXF dan DWG AutoCAD, serta berkas MapInfo menjadi shapefile atau geodatabase. Demikian pula, QGIS, perangkat lunak sumber terbuka

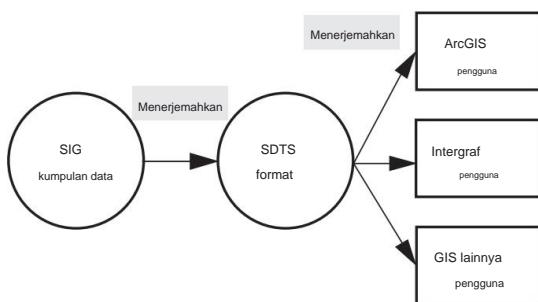
**Gambar 5.1**

Alat MIF-ke-Shapefile di ArcGIS mengubah berkas Map-Info menjadi shapefile.

GIS, dapat bekerja dengan shapefile, geodatabase, dan format file lainnya.

### 5.3.2 Format Netral

Format **netral** adalah format publik atau de facto untuk pertukaran data. Contohnya adalah Standar Transfer Data Spasial (SDTS), format netral yang dirancang untuk mendukung semua jenis data spasial dan disetujui oleh Program Standar Pemrosesan Informasi Federal pada tahun 1992 (Gambar 5.2). Dalam praktiknya, SDTS menggunakan "profil" untuk mentransfer data spasial. Profil pertama adalah Profil Vektor Topologi untuk menangani data vektor berbasis topologi seperti TIGER. Yang kedua adalah Profil Raster dan Ekstensi untuk mengakomodasi DEM, DOQ, dan data raster lainnya.

**Gambar 5.2**

Untuk mengakomodasi pengguna paket SIG yang berbeda, instansi pemerintah dapat menerjemahkan data publik ke dalam format netral seperti format SDTS. Dengan menggunakan penerjemah dalam paket SIG, pengguna dapat mengonversi data publik ke dalam format yang digunakan dalam SIG.

Tiga profil lainnya adalah Profil Jaringan Transportasi untuk data vektor dengan topologi jaringan; Profil Titik untuk mendukung data titik kontrol geodetik; dan Profil Desain dan Perancangan Berbantuan Komputer untuk data CADD berbasis vektor, dengan atau tanpa topologi. Gagasan untuk memiliki format standar untuk semua jenis data spasial disambut baik; namun, pengguna SIG merasa SDTS terlalu sulit digunakan. Misalnya, berkas Profil Vektor Topologi mungkin berisi fitur komposit seperti rute dan wilayah (Bab 3) selain topologi, sehingga mempersulit proses konversi. Mungkin inilah alasan USGS menghentikan penggunaan SDTS dan beralih ke format data yang berbeda untuk produk-produknya.

Format **produk vektor (VPF)**, yang digunakan oleh Departemen Pertahanan AS, merupakan format, struktur, dan organisasi standar untuk basis data geografis yang besar. Badan Intelijen Geospasial Nasional (NGA) menggunakan VPF untuk produk vektor digital yang dikembangkan pada berbagai skala (<http://www.nga.mil/>). Misalnya, VPF adalah format untuk basis data Peta Laut Digital (Digital Nautical Chart) yang tidak terkласifikasi dari NGA, yang berisi lebih dari 5000 peta dengan berbagai skala antara 84° LU dan 81° LS.

Mirip dengan profil vektor topografi SDTS, file VPF dapat berisi fitur gabungan wilayah dan rute.

Meskipun format netral biasanya digunakan untuk data publik dari instansi pemerintah, format ini juga dapat ditemukan dalam "standar industri" di sektor swasta. Contoh yang baik adalah DXF AutoCAD. Contoh lainnya adalah format ASCII.

Banyak paket SIG yang dapat mengimpor data titik dengan koordinat x dan y dalam format ASCII ke dalam set data digital. KML dari Google juga dapat menjadi standar industri, karena telah diadopsi sebagai standar Open Geospatial Consortium dan digunakan oleh banyak instansi pemerintah untuk pengiriman data.

## 5.4 PEMBUATAN DATA BARU

Berbagai sumber data dapat digunakan untuk membuat data geospasial baru. Salah satu sumber data ini adalah alamat jalan tempat fitur titik dapat dibuat.

dalam geocoding alamat, suatu metode yang akan dibahas dalam Bab 16.

#### 5.4.1 Data Penginderaan Jauh

Citra satelit dapat diproses secara digital untuk menghasilkan beragam data tematik untuk proyek SIG. Data penggunaan/tutupan lahan biasanya berasal dari citra satelit. Jenis data lainnya meliputi jenis vegetasi, kesehatan tanaman, tanah yang tererosi, fitur geologi, komposisi dan kedalaman perairan, bahkan lapisan salju.

Citra satelit menyediakan data tepat waktu dan, jika dikumpulkan secara berkala, juga dapat menyediakan data temporal yang berharga untuk merekam dan memantau perubahan di lingkungan terestrial dan akuatik.

Beberapa pengguna SIG sebelumnya merasa bahwa citra satelit tidak memiliki resolusi yang memadai, atau kurang akurat, untuk proyek mereka. Hal ini tidak lagi berlaku untuk citra satelit beresolusi sangat tinggi (Bab 4). Citra-citra ini kini dapat digunakan

untuk mengekstrak fitur terperinci seperti jalan, jalur setapak, bangunan, pohon, zona riparian, dan permukaan kedap air.

DOQ adalah foto udara digital yang telah diperbaiki secara diferensial untuk menghilangkan perpindahan gambar akibat kemiringan kamera dan relief medan. Oleh karena itu, DOQ menggabungkan karakteristik citra foto dengan kualitas geometris peta. DOQ USGS hitam-putih memiliki resolusi permukaan tanah 1 meter (yaitu, setiap piksel pada citra berukuran 1 x 1 meter di permukaan tanah) dan nilai piksel mewakili 256 tingkat abu-abu (Gambar 5.3). DOQ dapat digunakan secara efektif sebagai latar belakang untuk digitalisasi atau pemutakhiran jalan baru, subdivisi baru, dan area penebangan kayu.

#### 5.4.2 Data Survei

Data survei terutama terdiri dari jarak, arah, dan ketinggian. Jarak dapat diukur dalam kaki atau meter menggunakan pita pengukur atau alat ukur jarak elektronik.



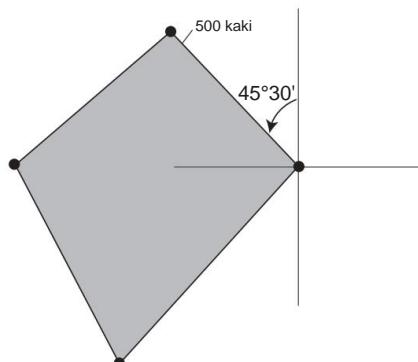
**Gambar 5.3**

Quad ortofoto digital dapat digunakan sebagai latar belakang untuk mendigitalkan atau memperbarui data geospasial.

Arah suatu garis dapat diukur dalam azimut atau bearing menggunakan transit, teodolit, atau stasiun total. Azimut adalah sudut yang diukur searah jarum jam dari ujung utara meridian ke garis tersebut. Besaran azimut berkisar antara  $0^\circ$  hingga  $360^\circ$ . Bearing adalah sudut lancip antara garis dan meridian. Sudut bearing selalu ditandai dengan huruf yang menunjukkan kuadran (misalnya, NE, SE, SW, atau NW) tempat garis tersebut berada.

Di Amerika Serikat, sebagian besar rencana hukum menggunakan petunjuk arah. Perbedaan ketinggian antara dua titik dapat diukur dalam kaki atau meter menggunakan level dan batang.

Dalam SIG, survei lapangan biasanya menyediakan data untuk menentukan batas persil. Sudut dan jarak dapat menentukan batas persil antara dua stasiun (titik). Misalnya, deskripsi N $45^\circ 30'W$  500 kaki berarti bahwa jalur (garis) yang menghubungkan kedua stasiun memiliki sudut bearing 45 derajat 30 menit di kuadran NW dan jarak 500 kaki (Gambar 5.4). Persil merepresentasikan lintasan tertutup, yaitu serangkaian stasiun yang telah ditentukan yang dihubungkan oleh sudut dan jarak (Kavanagh 2003). Lintasan tertutup juga dimulai dan berakhir pada titik yang sama. **Geometri koordinat (COGO)**, sebuah studi geometri dan aljabar, menyediakan metode untuk membuat data geospasial titik, garis, dan poligon dari data survei.



**Gambar 5.4**

Arah dan jarak menentukan jalur antara dua stasiun.

### 5.4.3 Data GPS

Dengan menggunakan satelit di luar angkasa sebagai titik referensi, penerima **sistem pemosisian global (GPS)** dapat menentukan posisi presisinya di permukaan bumi (Moffitt dan Bossler 1998). Data GPS mencakup lokasi horizontal berdasarkan sistem koordinat geografis atau proyeksi dan, jika dipilih, ketinggian lokasi titik (Kotak 5.3). Kumpulan posisi GPS di sepanjang garis dapat menentukan fitur garis (Gambar 5.5), dan serangkaian garis yang diukur dengan GPS dapat menentukan fitur area. Inilah sebabnya mengapa GPS telah menjadi alat yang berguna untuk mengumpulkan data geospasial (Kennedy 1996), untuk memvalidasi data geospasial seperti jaringan jalan (Wu dkk. 2005), dan untuk melacak objek titik seperti kendaraan dan orang (McCullough, James, dan Barr 2011) (Kotak 5.4).

GPS juga merupakan perangkat penting bagi kontributor OpenStreetMap (Kotak 5.5).

Penerima GPS mengukur jarak (jangkauan) dari satelit menggunakan waktu tempuh dan kecepatan sinyal yang diterimanya. Dengan tiga satelit yang tersedia secara bersamaan, penerima dapat menentukan posisinya di ruang angkasa ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) relatif terhadap pusat massa Bumi. Namun, untuk mengoreksi kesalahan waktu, satelit keempat diperlukan untuk mendapatkan posisi yang tepat (Gambar 5.6). Posisi penerima di ruang angkasa kemudian dapat dikonversi menjadi lintang, bujur, dan ketinggian berdasarkan datum WGS84.

Militer AS memelihara konstelasi 24 satelit NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging) di luar angkasa, dan setiap satelit mengikuti orbit yang presisi. Konstelasi ini memberi pengguna GPS setidaknya empat satelit yang dapat dilihat dari titik mana pun di permukaan Bumi. Empat sinyal GPS tersedia untuk penggunaan sipil: L1 C/A, L2C, L5, dan L1C. L1 C/A adalah sinyal lama, yang disiarkan oleh semua satelit, sedangkan tiga lainnya adalah sinyal modern, yang tidak disiarkan oleh semua satelit. Penerima GPS frekuensi ganda dapat menggabungkan L1 C/A dengan sinyal modern untuk meningkatkan akurasi, kekuatan sinyal, dan kualitas. Dua sinyal GPS untuk penggunaan militer, yaitu kode P(Y) dan kode M.

Aspek penting dalam penggunaan GPS untuk entri data spasial adalah mengoreksi kesalahan dalam data GPS. Salah satu jenis kesalahan adalah kesalahan yang disengaja. Untuk memastikan tidak ada

**Kotak 5.3 Contoh Data GPS**

Itu Cetakan berikut adalah contoh data GPS. Data asli diukur dalam koordinat geografis berdasarkan datum WGS84. Dengan menggunakan perangkat lunak GPS, data dapat dikonversi menjadi koordinat proyeksi, seperti pada contoh ini. Informasi header menunjukkan bahwa datum yang digunakan adalah NAD27 (Utara).

DATUM SDM  
MG NAD27 CONUS  
Sistem Koordinat H  
U UTM UPS

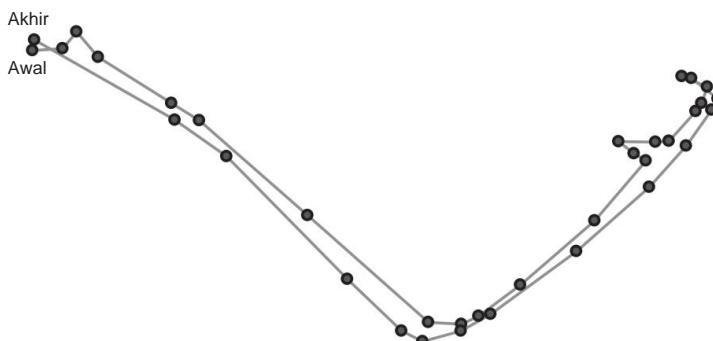
H	IDNT	Daerah	Timur	Utara	Alt	Keterangan
W	001	11T	0498884	5174889	-9999	09-SEP-98
W	002	11T	0498093	5187334	-9999	09-SEP-98
W	003	11T	Nomor telepon 0509786	5209401	-9999	09-SEP-98
W	004	11T	Nomor telepon	5222740	-9999	09-SEP-98
W	005	11T	0505955 0504529	5228746	-9999	09-SEP-98
W	006	11T	Nomor telepon 0505287	5230364	-9999	09-SEP-98
W	007	11T	Nomor telepon 0501167	5252492	-9999	09-SEP-98

pasukan musuh bisa mendapatkan pembacaan GPS yang akurat, militer AS biasa menurunkan akurasi mereka di bawah kebijakan yang disebut "Ketersediaan Selektif" atau "SA" dengan memasukkan gangguan ke dalam jam satelit dan

Datum Amerika tahun 1927) dan sistem koordinatnya adalah UTM (Universal Transverse Mercator). Data GPS mencakup tujuh lokasi titik. Catatan untuk setiap lokasi titik mencakup nomor zona UTM (yaitu, 11), arah Timur (koordinat x), dan arah Utara (koordinat y).

Data GPS tidak menyertakan nilai ketinggian atau Alt.

data orbital. SA dinonaktifkan pada tahun 2000 dan tidak lagi digunakan (<http://www.gps.gov>). Jenis kesalahan lain dapat digambarkan sebagai kesalahan derau, termasuk kesalahan ephemeris (posisi), kesalahan jam (orbital), dan kesalahan lainnya.



**Gambar 5.5**

Fitur garis dapat dibuat dengan menghubungkan serangkaian posisi GPS.

#### Kotak 5.4 Pelacak GPS

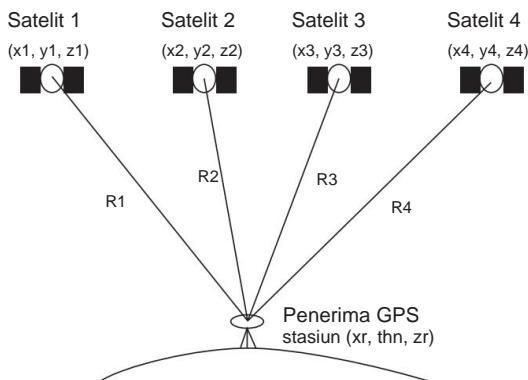
GPS telah digunakan untuk melacak teman, anak-anak, dan lansia dalam layanan berbasis lokasi (Bab 1). Penegak hukum juga menggunakan GPS untuk memantau tersangka pergerakan tersangka dengan memasang alat pelacak di mobil tersangka. Dalam kasus Amerika Serikat v. Jones (2012), Pengadilan ASGPS dalam layanan berbasis lokasi. Mahkamah Agung memutuskan bahwa penggunaan pengawasan GPS

Pergerakan warga negara melanggar Konstitusi kecuali surat perintah diperoleh sebelumnya. Mayoritas hakim beralasan bahwa masalahnya terletak pada penempatan alat pelacak di properti pribadi. Namun, putusan ini tidak akan memengaruhi penggunaan

#### Kotak 5.5 GPS dan OpenStreetMap

Banyak kontributor OpenStreetMap (Bab ter 1) Gunakan penerima GPS untuk merekam jejak jalur sepeda, jalur pendakian, atau jalan baru. Setelah direkam, jejak tersebut dapat diunggah langsung atau melalui antarmuka web. Menggunakan penerima GPS mungkin lebih mudah daripada menelusuri jejak pada foto udara atau ortofoto. Tersedia berbagai jenis penerima GPS.

Jenis yang paling umum mungkin adalah ponsel pintar atau tablet yang dilengkapi chip GPS dan aplikasi untuk merekam trek, menyediakan fitur navigasi, dan mengunggah trek GPS. Jenis lainnya termasuk perekam GPS, penerima GPS genggam atau sport, sistem navigasi satelit dalam mobil, dan penerima posisi presisi.



**Gambar 5.6**

Gunakan empat satelit GPS untuk menentukan koordinat stasiun penerima.  $x_i$ ,  $y_i$ , dan  $z_i$  adalah koordinat relatif terhadap pusat massa Bumi.  $R_i$  mewakili jarak (jangkauan) dari satelit ke stasiun penerima.

kesalahan antar waktu pemantauan), kesalahan penundaan atmosfer, dan kesalahan multipath (sinyal memantul dari penghalang sebelum mencapai penerima).

**Koreksi diferensial** adalah teknik augmentasi yang dapat mengurangi kesalahan noise secara signifikan dengan bantuan stasiun referensi atau stasiun pangkalan. Terletak di titik-titik yang telah disurvei secara akurat, stasiun referensi dioperasikan oleh perusahaan swasta dan lembaga publik seperti yang berpartisipasi dalam Sistem Referensi Operasi Berkelanjutan (CORS) Survei Geodetik Nasional (NGS). Dengan menggunakan posisinya yang diketahui, penerima referensi dapat menghitung waktu tempuh sinyal GPS yang seharusnya. Selisih antara waktu tempuh yang diprediksi dan aktual kemudian menjadi faktor koreksi kesalahan. Penerima referensi menghitung faktor koreksi kesalahan untuk semua satelit tampak.



**Gambar 5.7**  
Penerima GPS portabel. (Atas izin Trimble.)

Faktor koreksi kemudian tersedia bagi penerima GPS yang tercakup dalam stasiun referensi. Aplikasi SIG biasanya tidak memerlukan transmisi faktor koreksi kesalahan secara real-time. Koreksi diferensial dapat dilakukan kemudian selama catatan posisi terukur dan waktu setiap posisi diukur disimpan.

Sama pentingnya dengan mengoreksi kesalahan pada data GPS adalah jenis penerima GPS. Sebagian besar pengguna SIG menggunakan penerima fase kode (Gambar 5.7). Dengan koreksi diferensial, pembacaan GPS fase kode

dapat dengan mudah mencapai akurasi 3 hingga 5 meter, dan beberapa penerima yang lebih baru bahkan mampu mencapai akurasi sub-meter. Penerima fase-pembawa dan penerima frekuensi-ganda terutama digunakan dalam survei dan kontrol geodetik. Mereka mampu mencapai akurasi diferensial subsentimeter (Lange dan Gilbert 1999). Saat ini telepon seluler dapat menentukan posisi mereka melalui Assisted GPS (A-GPS). Perangkat A-GPS menggunakan server yang ada (misalnya, jaringan seluler) untuk mendapatkan informasi dari satelit. A-GPS lebih cepat dalam menerima lokasi, tetapi GPS memberikan lokasi yang lebih akurat. Menurut Zandbergen dan Barbeau (2011), telepon seluler berkemampuan GPS dengan sensitivitas tinggi dapat mencapai akurasi horizontal antara 5,0 dan 8,5 meter (Kotak 5.6).

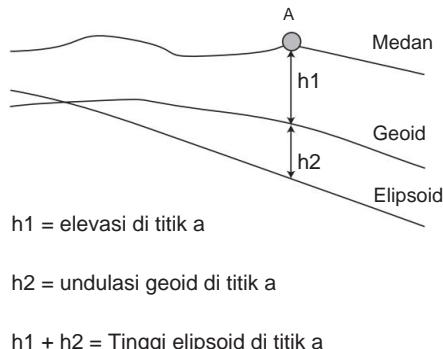
Data GPS dapat mencakup ketinggian di lokasi titik. Seperti koordinat x dan y, ketinggian (z) yang diperoleh dari GPS direferensikan ke elipsoid WGS84. Ketinggian elipsoid dapat diubah menjadi elevasi, atau ketinggian ortometrik, dengan menggunakan geoid, sebuah model permukaan laut rata-rata global. Seperti ditunjukkan pada Gambar 5.8, elevasi ( $h_1$ ) dapat diperkirakan dengan mengurangkan undulasi geoid ( $h_2$ ), atau jarak antara permukaan geoid dan permukaan elipsoid, dari ketinggian elipsoid ( $h_1 + h_2$ ) di lokasi titik. Oleh karena itu, geoid referensi diperlukan untuk memperkirakan elevasi dari data GPS. Contoh geoid referensi adalah EGM96 (Bagian 5.1.2) dan Geoid99 yang dikembangkan oleh NGS. Serupa dengan datum horizontal, geoid referensi baru diperkenalkan secara berkala; oleh karena itu,



**Unit GPS biasa (misalnya, Garmin GPSMAP 76)** memiliki akurasi posisi <10 meter. Dengan koreksi diferensial, akurasinya dapat ditingkatkan hingga <5 meter. Bagaimana dengan akurasi posisi ponsel berkemampuan GPS? Ponsel seperti iPhone menggunakan Assisted Global Positioning System (GPS).

Sistem Navigasi (A-GPS), sebuah sistem yang menerima informasi melalui jaringan nirkabel untuk membantu GPS

Penerima untuk menghitung posisi akurat lebih cepat. Zandbergen dan Barbeau (2011) melaporkan bahwa, dalam pengujian statis di luar ruangan, ponsel berkemampuan GPS sensitivitas tinggi memiliki median kesalahan horizontal antara 5,0 dan 8,5 meter, sementara unit GPS mandiri memiliki kesalahan antara 1,4 dan 4,7 meter tanpa koreksi diferensial.

**Gambar 5.8**

Pembacaan elevasi dari penerima GPS diukur dari permukaan geoid, bukan dari ellipsoid. Permukaan geoid lebih tinggi daripada ellipsoid tempat anomali gravitasi positif (yakni gravitasi yang lebih tinggi dari rata-rata) berada dan lebih rendah daripada ellipsoid tempat anomali gravitasi negatif berada.

penting untuk mencatat geoid referensi yang digunakan untuk memperoleh elevasi dari data GPS.

Layaknya GIS dan penginderaan jauh, teknologi GPS terus berkembang untuk meningkatkan akurasi dan kualitasnya. Bagian ini membahas GPS yang dikembangkan oleh militer AS. Perlu disebutkan bahwa terdapat sistem serupa di dunia, seperti GLONASS Rusia, Galileo Eropa, dan Beidou Tiongkok.

**5.4.4 File Teks dengan Koordinat x-, y-**

Data geospasial dapat dihasilkan dari berkas teks yang berisi koordinat x dan y, baik geografis (dalam derajat desimal) maupun proyeksi. Setiap pasangan koordinat x dan y membentuk sebuah titik. Oleh karena itu, kita dapat membuat data spasial dari berkas berisi rekaman lokasi stasiun cuaca, episentrum, atau jalur badai.

Sumber data baru untuk data koordinat x dan y adalah foto yang diberi geotag atau foto yang telah digeoreferensikan. Foto yang diambil dengan kamera digital berkemampuan GPS atau ponsel yang terintegrasi GPS akan diberi georeferensi. Flickr, situs web berbagi foto dan jejaring sosial, menyediakan alat geotag. Foto yang diberi geotag dapat digunakan dengan SIG untuk menganalisis, misalnya, preferensi landmark dan pola pergerakan wisatawan (Jankowski dkk. 2010).

**5.4.5 Digitalisasi Menggunakan Tabel Digitalisasi**

**Digitalisasi** adalah proses konversi data dari format analog ke digital. Digitalisasi tablet menggunakan tabel digitalisasi (Gambar 5.9). **Tabel digitalisasi** memiliki jaring elektronik bawaan yang dapat mendeteksi posisi cursor. Untuk mengirimkan koordinat x dan y suatu titik ke komputer yang terhubung, operator cukup mengklik tombol pada cursor setelah garis bidik cursor sejajar dengan titik tersebut. Tabel digitalisasi berukuran besar biasanya memiliki akurasi absolut 0,001 inci (0,003 sentimeter).



(A)



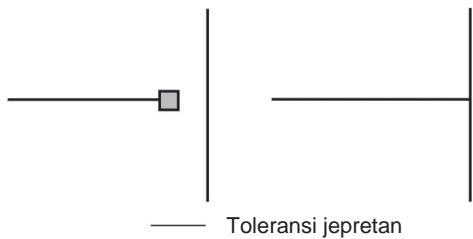
(B)

**Gambar 5.9**

Meja digital berukuran besar (a) dan cursor dengan keypad 16 tombol (b). (Courtesy of GTCO Calcomp, Inc.)

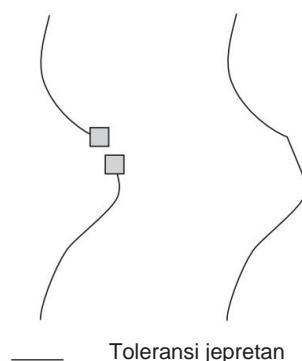
Banyak paket SIG memiliki modul digitalisasi bawaan untuk digitalisasi manual. Modul ini kemungkinan memiliki alat yang dapat membantu memindahkan atau menjepret fitur (misalnya, titik atau garis) ke lokasi yang tepat. Contohnya adalah **toleransi jepret**, yang dapat menjepret simpul dan titik akhir selama berada dalam toleransi yang ditentukan. Gambar 5.10 menunjukkan bahwa suatu garis dapat dijepret ke garis yang sudah ada dalam toleransi yang ditentukan pengguna. Demikian pula, Gambar 5.11 menunjukkan bahwa suatu titik dapat dijepret ke titik lain, juga dalam jarak yang ditentukan.

Digitalisasi biasanya dimulai dengan serangkaian titik kontrol (juga disebut tic), yang kemudian digunakan untuk mengonversi peta digital ke koordinat dunia nyata (Bab 6). Digitalisasi fitur titik sederhana: setiap titik memiliki satu set titik kontrol yang berbeda.



**Gambar 5.10**

Ujung garis baru dapat secara otomatis dijepret ke garis yang sudah ada jika celahnya lebih kecil dari toleransi jepret yang ditetapkan.



**Gambar 5.11**

Suatu titik dapat secara otomatis dijepret ke titik lain jika celahnya lebih kecil dari toleransi jepret yang ditetapkan.

Titik diklik sekali untuk merekam lokasinya. Fitur garis digitalisasi dapat mengikuti mode titik atau mode aliran. Operator memilih titik untuk didigitalkan dalam mode titik. Dalam mode aliran, garis didigitalkan pada interval waktu atau jarak yang telah ditentukan. Misalnya, garis dapat didigitalkan secara otomatis pada interval 0,01 inci.

Mode titik lebih disukai jika fitur yang akan didigitalisasi memiliki banyak segmen garis lurus. Karena model data vektor memperlakukan poligon sebagai serangkaian garis, digitalisasi fitur poligon sama dengan digitalisasi fitur garis. Selain itu, poligon dapat memiliki label, yang diperlukan sebagai titik di dalam poligon.

Meskipun digitalisasi sebagian besar dilakukan secara manual, kualitas digitalisasi dapat ditingkatkan dengan perencanaan dan pemeriksaan. Pendekatan terpadu berguna dalam digitalisasi berbagai lapisan basis data SIG yang memiliki batas-batas yang sama. Misalnya, tanah, jenis vegetasi, dan jenis penggunaan lahan mungkin memiliki beberapa batas yang sama di suatu wilayah studi. Digitalisasi batas-batas ini hanya sekali dan penggunaannya pada setiap lapisan tidak hanya menghemat waktu digitalisasi tetapi juga memastikan batas-batas yang berhimpitan.

Aturan praktis dalam mendigitalkan fitur garis atau poligon adalah mendigitalkan setiap garis sekali dan hanya sekali untuk menghindari garis duplikat. Garis duplikat jarang bertumpuk karena akurasi tabel digitalisasi yang tinggi. Salah satu cara untuk mengurangi jumlah garis duplikat adalah dengan meletakkan lembar transparan di atas peta sumber dan menandai setiap garis pada lembar transparan tersebut setelah garis didigitalkan. Metode ini juga dapat mengurangi jumlah garis yang hilang.

#### 5.4.6 Pemindaian

Sebagai metode digitalisasi, **pemindaian** menggunakan pemindai (Gambar 5.12) untuk mengonversi peta analog menjadi berkas pindaian berformat raster, yang kemudian dikonversi kembali ke format vektor melalui penelusuran (Verbyla dan Chang 1997). Jenis peta paling sederhana yang dipindai adalah peta hitam-putih: garis hitam mewakili fitur peta, dan area putih mewakili latar belakang. Peta tersebut dapat berupa peta kertas atau Mylar, dan dapat berupa tinta atau pensil. Citra pindaian bersifat biner: setiap piksel memiliki nilai 1 (fitur peta) atau 0 (latar belakang). Fitur peta ditampilkan sebagai garis raster, serangkaian piksel yang terhubung pada

**Gambar 5.12**

Pemindai drum format besar. (Atas izin GTCO Calcomp, Inc.)

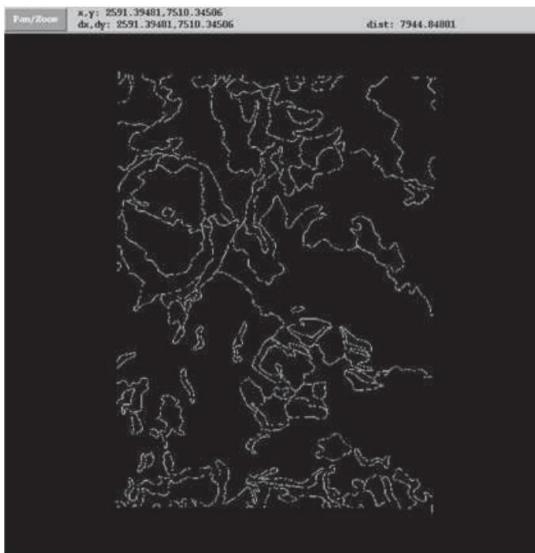
berkas yang dipindai (Gambar 5.13). Ukuran piksel bergantung pada resolusi pemindaian, yang sering kali ditetapkan pada 300 titik per inci (dpi) atau 400 dpi untuk digitalisasi. Garis raster yang mewakili garis tipis bertinta pada peta sumber dapat memiliki lebar 5 hingga 7 piksel (Gambar 5.14).

Peta berwarna, termasuk peta historis (Leyk, Boesch, dan Weibel 2005), juga dapat dipindai oleh pemindai yang dapat mengenali warna. DRG, misalnya, dapat memiliki 13 warna berbeda, masing-masing mewakili satu jenis fitur peta yang dipindai dari peta segi empat USGS.

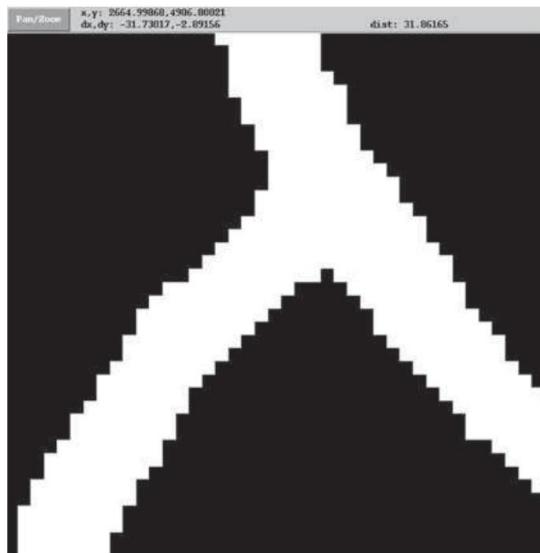
Untuk menyelesaikan proses digitalisasi, berkas yang dipindai harus divektorisasi. **Vektorisasi** mengubah garis raster menjadi garis vektor dalam proses yang disebut tracing. Penelusuran melibatkan tiga elemen dasar: penipisan garis, ekstraksi garis, dan rekonstruksi topologi.

Penelusuran dapat dilakukan secara semi-otomatis atau manual. Dalam mode semi-otomatis, pengguna memilih titik awal pada peta citra dan membiarkan komputer menelusuri semua garis raster yang terhubung (Gambar 5.15). Dalam mode manual, pengguna menentukan garis raster yang akan ditelusuri dan arah penelusuran. Contoh penelusuran semi-otomatis terdapat pada Tugas 2 Bab 6.

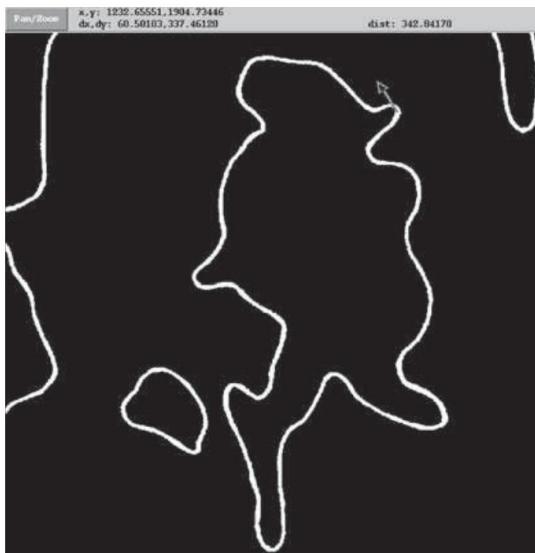
Hasil penelusuran bergantung pada ketahanan algoritma penelusuran yang terintegrasi dalam paket SIG. Meskipun tidak ada satu pun algoritma penelusuran yang dapat bekerja secara memuaskan dengan berbagai jenis peta dalam kondisi yang berbeda, beberapa algoritma lebih baik daripada yang lain. Contoh masalah yang harus dipecahkan oleh algoritma penelusuran meliputi: cara menelusuri perpotongan, di mana lebar garis raster dapat berlipat ganda atau tiga kali lipat (Gambar 5.16); cara melanjutkan

**Gambar 5.13**

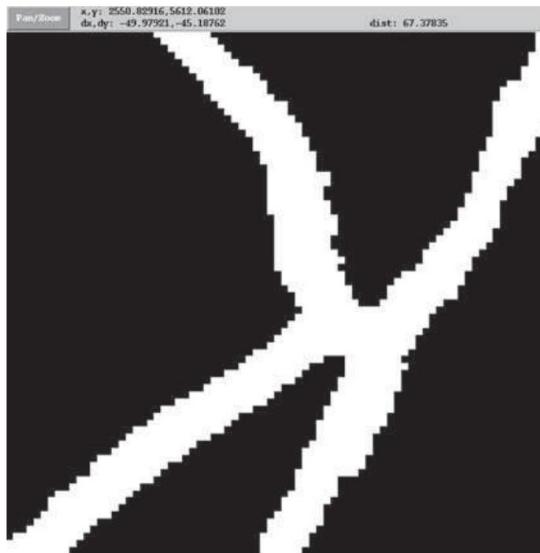
Berkas hasil pemindai biner: Garis-garisnya adalah garis tanah, dan area hitam adalah latar belakang.

**Gambar 5.14**

Garis raster dalam berkas yang dipindai memiliki lebar beberapa piksel.

**Gambar 5.15**

Pelacakan semi-otomatis dimulai pada suatu titik (ditunjukkan dengan panah) dan melacak semua garis ke titik tersebut.

**Gambar 5.16**

Lebar garis raster menjadi dua atau tiga kali lipat ketika garis bertemu atau berpotongan.

## 110 BAB 5 Akuisisi Data GIS

Ketika garis raster putus atau ketika dua garis raster berdekatan; dan bagaimana memisahkan garis dari poligon. Algoritma penelusuran biasanya menggunakan nilai parameter yang ditentukan oleh pengguna dalam menyelesaikan masalah.

Apakah pemindaian lebih baik daripada digitalisasi manual untuk input data? Produsen data besar tampaknya berpikir demikian karena alasan berikut. Pertama, pemindaian menggunakan mesin dan algoritma komputer untuk melakukan sebagian besar pekerjaan, sehingga menghindari kesalahan manusia yang disebabkan oleh kelelahan atau kecerobohan. Kedua, penelusuran memiliki gambar yang dipindai dan garis vektor pada layar yang sama, membuat penelusuran lebih fleksibel daripada digitalisasi manual. Dengan penelusuran, operator dapat memperbesar atau memperkecil dan dapat bergerak di sekitar gambar raster dengan mudah. Digitalisasi manual membutuhkan perhatian operator pada meja digitalisasi dan monitor komputer, dan operator dapat dengan mudah lelah. Ketiga, pemindaian telah dilaporkan lebih hemat biaya daripada digitalisasi manual. Di Amerika Serikat, biaya pemindaian oleh perusahaan jasa telah turun secara signifikan dalam beberapa tahun terakhir.

### 5.4.7 Digitalisasi di Layar

**Digitalisasi di layar**, juga disebut digitalisasi heads-up, adalah digitalisasi manual pada monitor komputer menggunakan sumber data seperti Google Maps atau DOQ sebagai latar belakang. Metode ini berguna untuk mengedit atau memperbarui lapisan yang sudah ada, seperti menambahkan jalur atau jalan baru. Demikian pula, kita dapat menggunakan metode ini untuk memperbarui area tebang habis atau area terbakar baru pada lapisan vegetasi.

Dibandingkan dengan digitalisasi tablet, digitalisasi di layar lebih nyaman bagi pengguna. Berbeda dengan digitalisasi tablet yang mengharuskan pengguna terus-menerus beralih antara meja digitalisasi dan layar, digitalisasi di layar memungkinkan pengguna untuk fokus pada layar. Dengan asumsi gambar latar belakang diambil pada resolusi tinggi, digitalisasi di layar juga dapat mencapai tingkat akurasi yang tinggi dengan bantuan fungsi zoom.

Keuntungan lain dari digitalisasi di layar adalah, selama proses penyuntingan, pengguna dapat melihat berbagai sumber data yang ditampilkan di layar. Misalnya, kita dapat memperbarui peta tebang habis kayu dengan

melapiskan citra satelit, peta tebangan yang sudah ada, dan peta jalur (yang menunjukkan jalur pengangkutan kayu tebangan).

Digitalisasi layar digunakan dalam Tugas 2 Bab 5 untuk mendigitalkan beberapa poligon dari peta digital yang sudah ada. Digitalisasi layar juga digunakan dalam Tugas 1 dan 3 Bab 6 untuk mendigitalkan titik kontrol untuk georeferensi citra pindaian dan citra satelit. Seiring Google Maps dan Google Earth menjadi sumber data penting bagi pengguna SIG, digitalisasi layar menjadi tugas yang umum.

### 5.4.8 Pentingnya Peta Sumber

Meskipun ketersediaan data penginderaan jauh beresolusi tinggi dan data GPS semakin meningkat, peta masih merupakan sumber penting untuk membuat data GIS baru. Digitalisasi, baik digitalisasi manual maupun pemindaian, mengubah peta analog menjadi format digital. Keakuratan peta digital hanya dapat sama baik atau akuratnya dengan peta sumbernya.

Sejumlah faktor dapat memengaruhi keakuratan peta sumber. Peta seperti peta segi empat USGS merupakan sumber data sekunder karena peta-peta ini telah melalui proses kartografi kompilasi, generalisasi, dan simbolisasi. Setiap proses ini pada gilirannya dapat memengaruhi keakuratan data yang dipetakan. Misalnya, jika kompilasi peta sumber mengandung kesalahan, kesalahan ini akan diteruskan ke peta digital.

Peta kertas pada umumnya bukan peta sumber yang baik untuk didigitalkan karena cenderung menyusut dan mengembang seiring perubahan suhu dan kelembapan.

Dalam skenario yang lebih buruk lagi, pengguna SIG mungkin menggunakan salinan peta kertas atau mosaik salinan peta kertas. Peta sumber semacam itu tidak akan memberikan hasil yang baik. Karena lapisan plastiknya, peta Mylar jauh lebih stabil daripada peta kertas untuk didigitalkan.

Kualitas garis pada peta sumber tidak hanya menentukan keakuratan peta digital, tetapi juga waktu dan upaya operator dalam digitalisasi dan penyuntingan. Garis harus tipis, berkesinambungan, dan seragam, seperti yang diharapkan dari penintaan atau pengoresan—jangan pernah menggunakan spidol felt-tip untuk mempersiapkan garis. Peta sumber yang ditulis dengan pensil mungkin sudah memadai.

untuk digitalisasi manual tetapi disarankan untuk pemindaian. Berkas yang dipindai adalah berkas data biner, yang hanya memisahkan fitur peta dari latar belakang. Karena kontras antara garis pensil dan latar belakang (yaitu permukaan kertas atau Mylar)

tidak setajam garis tinta, kita mungkin harus menyesuaikan parameter pemindaian untuk meningkatkan kontras. Namun, penyesuaian tersebut sering kali mengakibatkan pemindaian garis dan noda yang terhapus, yang seharusnya tidak ada dalam berkas yang dipindai.

## KONSEP DAN ISTILAH UTAMA

**Geometri koordinat (COGO):** Cabang geometri yang menyediakan metode untuk membuat data geospasial titik, garis, dan poligon dari data survei.

**Konversi data :** Konversi data geospasial dari satu format ke format lainnya.

**Data.gov:** Geoportal pemerintah AS yang memungkinkan akses ke kumpulan data Cabang Eksekutif Federal AS.

**Koreksi diferensial:** Sebuah metode yang menggunakan data dari stasiun pangkalan untuk memperbaiki kesalahan kebisingan di GPS data.

**Digitalisasi:** Proses mengubah data dari format analog ke format digital.

**Tabel digitalisasi:** Tabel dengan jaring elektronik terintegrasi yang dapat mendeteksi posisi cursor dan dapat mengirimkan koordinat x dan y ke komputer yang terhubung.

**Penerjemahan langsung:** Penggunaan penerjemah atau algoritma dalam paket GIS untuk langsung mengubah data geospasial dari satu format ke format lainnya.

**Komite Data Geografis Federal (FGDC):** Sebuah komite multilembaga AS yang mengoordinasikan pengembangan standar data geospasial.

**Platform Geospasial:** Sebuah geoportal yang memungkinkan pengguna membuat peta dengan menggabungkan data mereka sendiri dengan data domain publik.

**Sistem Observasi Bumi Global (GEOSS):** Sebuah geoportal yang menyediakan akses ke data observasi Bumi.

**INSPIRE:** Sebuah geoport yang menyediakan sarana untuk mencari kumpulan data spasial dan layanan serta untuk melihat kumpulan data spasial dari negara-negara anggota Uni Eropa.

**MAF/TIGER (Berkas Alamat Utama/Pengodean dan Referensi Geografis Terintegrasi Topologi):**

Basis data yang disiapkan oleh Biro Sensus AS yang berisi batas wilayah hukum dan statistik, yang dapat dihubungkan ke sensus data.

**Metadata:** Data yang menyediakan informasi tentang data geospasial.

**Format netral:** Format publik seperti SDTS yang dapat digunakan untuk pertukaran data.

**Digitalisasi di layar:** Digitalisasi manual pada monitor komputer dengan menggunakan sumber data seperti DOQ sebagai latar belakang.

**Pemindaian:** Metode digitalisasi yang mengubah peta analog menjadi file pindaian dalam format raster, yang kemudian dapat diubah kembali menjadi vektor format melalui penelusuran.

**Toleransi pengambilan:** Toleransi yang digunakan dalam digitalisasi, yang dapat mengambil titik sudut dan titik akhir dalam jangkaunya.

**SSURGO (Soil Survey Geographic):** Sebuah database tanah yang disusun dari pemetaan lapangan pada skala 1:12.000 hingga 1:63.360 oleh NRCS Amerika Serikat Departan.

**STATSGO (State Soil Geographic):** Basis data tanah yang disusun pada skala 1:250.000 oleh NRCS, Departemen Pertanian AS.

**Vektorisasi:** Proses mengubah garis raster menjadi garis vektor melalui penelusuran.

**Format produk vektor (VPF):** Format, struktur, dan organisasi standar untuk basis data geografis besar yang digunakan oleh militer AS.

**PERTANYAAN ULASAN**

1. Apa itu geoportal?
2. Sebutkan dua geoportal yang dikelola oleh USGS.
3. Jenis data apa yang dapat Anda unduh dari USGS Earth Explorer?
4. Sebutkan resolusi spasial DEM yang tersedia dari Peta Nasional.
5. Jenis data apa saja yang terdapat di USGS berkas DLG?
6. Sebutkan dua geoportal NASA.
7. Jenis data dan layanan apa yang bisa Anda dapatkan dari OpenTopography yang didanai oleh National Science Foundation?
8. Apa itu SSURGO?
9. Misalkan Anda ingin membuat peta yang menunjukkan laju perubahan populasi antara tahun 2000 dan 2010 berdasarkan kabupaten di negara bagian Anda. Jelaskan (1) jenis data digital yang Anda perlukan untuk proyek pemetaan, dan (2) situs web tempat Anda akan mengunduh data tersebut.
10. Cari pusat data GIS untuk negara bagian Anda di Google. Kunjungi situs web pusat data tersebut. Pilih metadata dari suatu set data dan tinjau informasi di setiap kategori.
11. Tentukan "format netral" untuk konversi data.
12. Jenis data apa saja yang terdapat dalam File TIGER/Line?
13. Jelaskan bagaimana data GPS dapat diubah menjadi lapisan GIS.
14. Jelaskan cara kerja koreksi diferensial.
15. Jenis kesalahan data GPS apa yang dapat dikoreksi dengan koreksi diferensial?
16. Geoid referensi diperlukan untuk mendapatkan ketinggian data GPS. Apa itu geoid referensi?
17. Jenis data apa yang harus ada dalam berkas teks agar berkas teks dapat diubah menjadi shapefile?
18. Apa itu COGO?
19. Misalkan Anda diminta untuk mengonversi peta kertas menjadi kumpulan data digital. Metode apa yang dapat Anda gunakan untuk tugas tersebut? Apa kelebihan dan kekurangan masing-masing metode?
20. Metode pemindaian untuk digitalisasi melibatkan rasterisasi dan vektorisasi. Mengapa?
21. Jelaskan perbedaan antara digitalisasi pada layar dan digitalisasi tablet.

**APLIKASI: AKUISISI DATA GIS**

Bagian aplikasi ini mencakup akuisisi data SIG dalam empat tugas. Pada Tugas 1, Anda akan mengunduh USGS DEM dari situs web Peta Nasional. Tugas 2 mencakup digitalisasi di layar. Tugas 3 menggunakan tabel dengan koordinat x dan y. Pada Tugas 4, Anda akan mengunduh berkas KML batas negara bagian dari situs web Biro Sensus AS terlebih dahulu, lalu menampilkan berkas KML tersebut di Google Earth.

**Tugas 1 Unduh USGS DEM**

**Yang Anda butuhkan:** akses ke Internet (gunakan Google Chrome jika tersedia) dan alat unzip; emidas-trm.shp, shapefile aliran.

1. Pada bulan Januari 2017, berikut adalah cara Anda dapat mengunduh DEM dari Peta Nasional. Kunjungi situs web National Map Viewer, <http://viewer.nationalmap.gov/viewer/>. Di bagian atas penampil, klik panah tarik-turun Tautan ke Situs Unduhan Data, lalu Klien Unduhan TNW. Tutup dialog Cara Menemukan dan Mengunduh Produk. Jendela Unduhan TNM memiliki kategori produk di sebelah kiri dan metode pencarian di sebelah kanan. Untuk Tugas 1, Anda akan mengunduh DEM menggunakan koordinat batas area yang diminati (AOI). Di panel kiri,

Pilih Produk Elevasi (3DEM), pilih DEM 1 detik busur, hapus pilihan DEM default 1/3 detik busur, dan pilih format berkas Arc Grid. Di panel kanan, centang Gunakan Peta dan Koordinat. Dialog Buat Kotak dari Koordinat akan muncul. Masukkan 47,125 untuk Lintang Maks, 47,067 untuk Lintang Min, -116,625 untuk Bujur Min, dan -116,552 untuk Maks. Setelah memasukkan koordinat pembatas, klik Gambar AOI. AOI akan digambar di panel kanan.

Sekarang klik Temukan Produk di panel kiri. Menunjukkan bahwa "USGS NED 1 arc-second n48w117 1 x 1 derajat ArcGrid 2015" tersedia. Klik Unduh. Bilah kemajuan akan mulai berjalan di pojok kiri bawah jendela unduhan. Setelah selesai, klik berkas zip dan simpan ke basis data Bab 5. Ekstrak berkas zip tersebut.

2. Mencakup area seluas 1 x 1 derajat (ap- (sekitar 8544 kilometer persegi), kisi elevasi yang diunduh grdn48w117\_1 diukur dalam nilai bujur dan lintang berdasarkan NAD 1983.
  3. Luncurkan ArcMap. Buka Katalog dan hubungkan ke database Bab 5. Ubah nama bingkai data menjadi Tugas 1. Tambahkan emidastrm.shp ke Tugas 1. Kemudian tambahkan grdn48w117\_1 ke Tugas 1. Pilih untuk membangun piramida. Abaikan pesan peringatan. grdn48w117\_1 mencakup area yang jauh lebih luas daripada emidastrm. Di Bab 12, Anda akan mempelajari cara memotong raster elevasi.
- Q1.** Berapa kisaran ketinggian (dalam meter) di grdn48w117\_1?
- Q2.** Berapa ukuran sel (dalam derajat desimal) grdn48w117\_1?

## Tugas 2 Digitalisasi di Layar

**Yang Anda butuhkan:** landDig.shp, peta latar belakang untuk digitalisasi. landDig.shp didasarkan pada koordinat UTM dan diukur dalam meter.

Digitalisasi di layar secara teknis mirip dengan digitalisasi manual. Perbedaannya adalah sebagai berikut: Anda menggunakan penunjuk tetikus, alih-alih kursor digitalis, untuk digitalisasi; Anda menggunakan fitur atau gambar.

Lapisan ini berfungsi sebagai latar belakang untuk digitalisasi; dan Anda harus memperbesar dan memperkecil tampilan berulang kali selama digitalisasi. Tugas 2 memungkinkan Anda mendigitalalkan beberapa poligon dari landDig.shp untuk membuat shapefile baru.

1. Masukkan bingkai data ke dalam ArcMap dan ganti namanya menjadi Tugas 2. Klik kanan basis data Bab 5 di Katalog, arahkan ke Baru, lalu pilih Shapefile. Pada dialog berikutnya, masukkan trial1 untuk nama, pilih Poligon untuk jenis fitur, dan klik tombol Edit untuk referensi spasial. Pilih Impor di menu tarik-turun Tambahkan Sistem Koordinat dan impor sistem koordinat landDig.shp untuk trial1. Klik OK untuk menutup dialog.
2. trial1 ditambahkan ke Tugas 2. Tambahkan landDig.shp ke Tugas 2. Klik tombol Daftar berdasarkan Urutan Gambar dan pastikan trial1 berada di atas landDig pada daftar isi. Sebelum mendigitalalkan, ubah simbol kedua shapefile terlebih dahulu. Pilih Properti dari menu konteks landDig. Pada tab Simbologi, klik Simbol dan ubah menjadi simbol Hollow dengan Warna Garis Luar berwarna merah. Pada tab Label, centang kotak untuk memberi label fitur pada layer ini dan pilih LAND\_. Pilih DIG\_I dari daftar dropdown untuk kolom label. Klik OK untuk menutup dialog Properti Lapisan. Klik kanan landDig dan pilih Zoom ke Lapisan untuk melihat lapisan. Klik simbol trial1 di daftar isi.
3. Pilih simbol Hollow dan Warna Garis hitam. Klik kanan trial1 dalam daftar isi, ikuti Selection, dan klik Make This The Only Selectable Layer.
4. Langkah ini memungkinkan Anda mengatur lingkungan pengeditan. Klik tombol Editor Toolbar pada bilah alat ArcMap untuk membukanya. Pilih Mulai Mengedit dari daftar tarik-turun Editor. Klik menu tarik-turun Editor, ikuti Snapping, lalu pilih Bilah Alat Snapping. Pada Bilah Alat Snapping, klik menu tarik-turun Snapping dan pilih Opsi. Atur toleransi menjadi 10 piksel, lalu klik OK untuk menutup dialog. Klik menu tarik-turun

## 114      BAB 5 Akuisisi Data GIS

Buka kembali menu Snapping dan pastikan Use Snapping dicentang. Tutup Toolbar Snapping.

5. Anda siap untuk mendigitalkan. Perbesar area di sekitar poligon 72. Perhatikan bahwa poligon 72 di land\_dig terdiri dari serangkaian garis (tepi), yang dihubungkan oleh titik (simpul). Klik tombol Buat Fitur pada bilah alat Editor untuk membukanya. Klik Trial1 di jendela Buat Fitur, dan Poligon akan disorot di jendela Alat Konstruksi. Jendela Alat Konstruksi menawarkan alat-alat digitalisasi, dalam hal ini alat untuk mendigitalkan poligon. Selain Poligon, alat konstruksi lainnya termasuk Auto Complete Polygon.

Tutup jendela Buat Fitur. Klik Alat Segmen Lurus pada bilah alat Editor.  
(Jika alat tidak aktif, buka jendela Buat Fitur dan pastikan Poligon disorot di jendela Alat Konstruksi.)  
Digitalkan titik awal poligon 72 dengan klik kiri mouse. Gunakan land\_dig sebagai panduan untuk mendigitalkan titik sudut lainnya. Ketika Anda kembali ke titik awal, klik kanan mouse dan pilih Selesaikan Sketsa. Poligon 72 yang telah selesai muncul dalam warna cyan dengan tanda x di dalamnya. Fitur yang muncul dalam warna cyan merupakan fitur yang aktif. Untuk membatalkan pilihan poligon 72, klik alat Edit pada bilah alat Editor dan klik titik di luar poligon. Jika Anda membuat kesalahan dalam digitalisasi dan perlu menghapus poligon di trial1, gunakan alat Edit untuk memilih dan mengaktifkan poligon terlebih dahulu, lalu tekan tombol Hapus.

6. Digitalkan poligon 73. Anda dapat memperbesar dan memperkecil, atau menggunakan alat lain, kapan pun selama proses digitalisasi. Anda mungkin perlu membuka kembali jendela Buat Fitur dan mengeklik trial1 agar alat konstruksi untuk digitalisasi tersedia. Klik alat Segmen Lurus kapan pun Anda siap untuk melanjutkan digitalisasi.
7. Digitalkan poligon 74 dan 75 selanjutnya. Kedua poligon tersebut poligon memiliki batas yang sama. Anda akan mendigitalkan salah satu dari dua poligon terlebih dahulu, lalu

Digitalkan poligon lainnya menggunakan opsi Lengkap Poligon Otomatis. Digitalkan poligon 75 terlebih dahulu. Setelah poligon 75 didigitalkan, beralihlah ke alat konstruksi Lengkap Poligon Otomatis untuk mendigitalkan poligon 74. Mulailah dengan mengklik kiri salah satu ujung batas yang dibagikan dengan poligon 75, digitalkan batas yang tidak dibagikan dengan poligon 75, dan akhiri dengan mengklik dua kali ujung batas yang dibagikan lainnya.

8. Proses digitalisasi telah selesai. Klik kanan pada trial1 di daftar isi, lalu pilih Buka Tabel Atribut. Klik sel pertama di bawah Id dan masukkan 72. Masukkan 73, 75, dan 74 di tiga sel berikutnya. (Anda dapat mengeklik kotak di sebelah kiri rekaman dan melihat poligon yang sesuai dengan rekaman tersebut.) Tutup tabel.
9. Pilih Hentikan Pengeditan dari daftar tarik-turun Editor. Simpan hasil suntingan.
- Q3. Tentukan toleransi snapping. (Tips: Gunakan tab Indeks di Bantuan ArcGIS Desktop.)
- Q4. Apakah toleransi jepretan yang lebih kecil akan menghasilkan peta digital yang lebih akurat? Mengapa?
- Q5. Alat konstruksi apa lagi yang tersedia?  
selain Polygon dan Auto Complete Polygon?

### Tugas 3 Menambahkan Data XY

**Yang Anda perlukan:** events.txt, berkas teks berisi pembacaan GPS.

Pada Tugas 3, Anda akan menggunakan ArcMap untuk membuat shapefile baru dari events.txt, file teks yang berisi x-, Koordinat y dari serangkaian titik yang dikumpulkan melalui pembacaan GPS.

1. Masukkan bingkai data di ArcMap dan ganti namanya menjadi Tugas 3. Tambahkan events.txt ke Tugas 3. Klik kanan events.txt dan pilih Tampilkan Data XY. Pastikan events.txt adalah tabel yang akan ditambahkan sebagai layer. Gunakan daftar tarik-turun untuk memilih TIMUR untuk Bidang X dan UTARA untuk Bidang Y. Klik tombol Edit untuk referensi spasial koordinat input.

Pilih sistem koordinat yang diproyeksikan, UTM, NAD1927, dan NAD 1927 UTM Zona 11N. Klik OK untuk menutup dialog. Abaikan

pesan peringatan bahwa tabel tidak memiliki bidang ID objek. events.txt Peristiwa ditambahkan ke daftar isi.

## 2. events.txt Peristiwa dapat disimpan sebagai shapefile.

Klik kanan events.txt pada Events, arahkan ke Data, lalu pilih Ekspor Data. Pilih untuk mengekspor semua fitur dan simpan hasilnya sebagai events.shp di database Bab 5.

### Tugas 4 Unduh File KML dan Tampilkan Itu di Google Earth

**Yang Anda butuhkan:** akses ke Internet dan Google Earth.

#### 1. Kunjungi beranda Produk TIGER di situs web Biro Sensus AS: <https://www.census.gov/geo/maps-data/data/tiger.html>

Klik produk TIGER dari KML - Cartographic Boundary Shapefiles. Di halaman berikutnya, pilih State of Nation-based Files untuk mengunduh. Per Januari 2017, terdapat tiga pilihan berkas batas negara. Pilih cb\_2015\_us\_state\_5m.zip untuk diunduh. Simpan file zip di basis data Bab 5. Ekstrak bundelnya.

#### 2. Luncurkan Google Earth. Pilih Buka dari menu File, dan navigasikan ke cb\_2015\_us\_state\_5m untuk membukanya. cb\_2015\_us\_state\_5m tercantum dalam kategori Tempat Sementara di bingkai Tempat Google Earth. Klik kanan cb\_2015\_us\_state\_5m, lalu pilih Properti.

Pada tab Gaya, Warna, Anda dapat memilih simbol untuk garis dan area. Untuk garis, pilih merah.

untuk warna, 3,0 untuk lebar, dan 100 persen untuk opasitas. Untuk Area, pilih 0 persen untuk opasitas. Klik OK. Sekarang Anda melihat Google Earth tumpang tindih dengan batas negara bagian.

### Tugas Tantangan

**Yang Anda butuhkan:** quake.txt.

quake.txt dalam basis data Bab 5 berisi data gempa bumi di California utara dari Januari 2002 hingga Agustus 2003. Semua gempa yang tercatat dalam berkas tersebut berkekuatan 4,0 atau lebih tinggi. Pusat Data Gempa Bumi California Utara memelihara dan mengkatalogkan data gempa tersebut (<http://quake.geo.berkeley.edu/>).

Tugas tantangan ini meminta Anda untuk melakukan dua tugas terkait. Pertama, kunjungi <http://portal.gis.ca.gov/geoportal/catalog/main/home.page> untuk mengunduh State\_With\_County\_Boundaries of California. Tambahkan shapefile batas kabupaten ke dalam bingkai data bernama Challenge di ArcMap, dan baca informasi sistem koordinatnya. Kedua, tampilkan quake.txt dalam Tantangan dengan menggunakan Lon (bujur) untuk X dan Lat (Lintang) untuk Y dan mendefinisikan sistem koordinat geografisnya sebagai NAD 1983.

**Q1.** Ada berapa record dalam quake?

**Q2.** Berapa magnitudo maksimum yang tercatat di gempa?

**Q3.** Sistem koordinat apa yang digunakan State\_With\_? Batas\_Kabupaten berdasarkan?

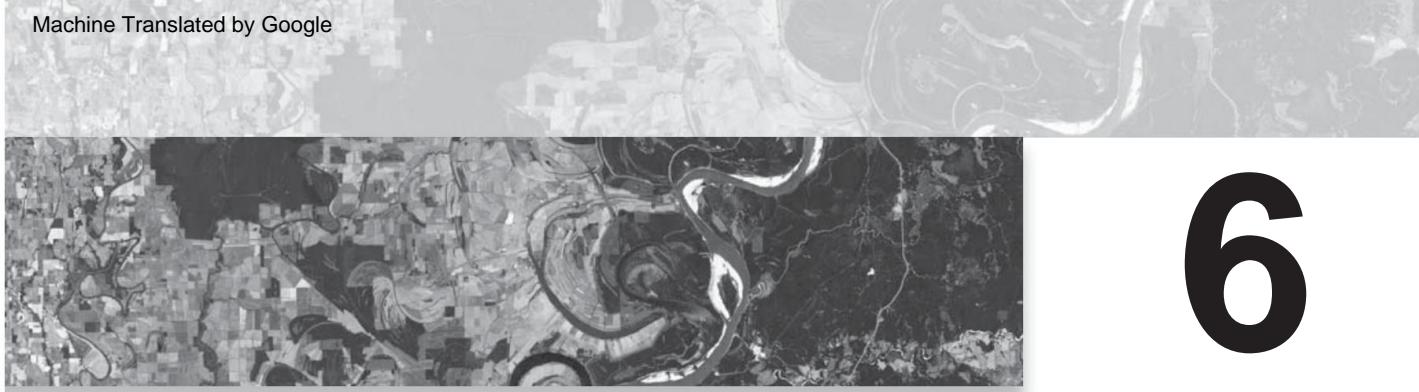
**Q4.** Apakah gempa bumi tercatat di semua gempa bumi? tanah?

### REFERENSI

- |   |   |  |
|---|---|--|
| Comber, A., P. Fisher, dan R. Wadsworth. 2005. Membandingkan Pendekatan Statistik dan Semantik untuk Mengidentifikasi Perubahan dari Kumpulan Data Tutupan Lahan. Jurnal Manajemen Lingkungan 77:47–55. | data elevasi medan 2010 (GMTED2010): Laporan Terbuka Survei Geologi AS 2011–1073, 26 hal.   | hlm. 99–118. Bethesda, MD: Masyarakat Amerika untuk Fotogrametri dan Penginderaan Jauh.  |
| Danielson, JJ, dan DB Gesch, 2011, Multi-resolusi global  | Set , DB 2007. Nasional Data Elevasi Gesch. Dalam D. Maune, ed., Teknologi dan Aplikasi Model Elevasi Digital: Manual Pengguna DEM, edisi ke-2, | Gesch, DB 2009. Analisis Data Elevasi Lidar untuk Peningkatan Identifikasi dan Penetapan Lahan Rentan terhadap Kenaikan Muka Air Laut. Jurnal Penelitian Pesisir S6:49–58. |

**116      BAB 5 Akuisisi Data GIS**

- |  |  |  |
|--|--|--|
| Goodchild, MF, P. Fu, dan P. Rich.<br>2007. Berbagi Informasi Geografis: Penilaian Layanan Geospasial Terpadu. <i>Annals of the Association of American Geographers</i> 97:250–266.  | Leyk, S., R. Boesch, dan R. Weibel.<br>2005. Kerangka Konseptual untuk Investigasi Ketidakpastian dalam Pemodelan Perubahan Tutupan Lahan Berbasis Peta. <i>Transaksi dalam SIG</i> 9:291–322. | Moffitt, FH, dan JD Bossler. 1998. <i>Survei, Edisi ke-10</i> . Menlo Park, CA: Addison-Wesley.  |
| Jankowski, P., N. Andrienko, G. Andrienko, dan S. Kisilevich.<br>2010. Menemukan Preferensi Landmark dan Pola Pergerakan dari Postingan Foto. <i>Transaksi dalam SIG</i> 14:833–852.                                       | Maguire, DJ, dan PA Longley.<br>2005. Munculnya Geoportal dan Perannya dalam Infrastruktur Data Spasial. Komputer, Lingkungan, dan Sistem Perkotaan 29:3–14.                                   | Verbyla, DL, dan K. Chang. 1997. Memproses Citra Digital dalam SIG. Santa Fe, NM: OnWord Press.  |
| Kavanagh, BF 2003. <i>Geomatika</i> . Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.   | Masser, I., A. Rajabifard, dan I. Williamson. 2008. Pemberdayaan Pemerintah secara Spasial Melalui Implementasi SDI. <i>Jurnal Internasional Ilmu Informasi Geografis</i> 22:5–20.             | Wu, J., TH Funk, FW Lurmann, dan AM Winer. 2005. Meningkatkan Akurasi Spasial Jaringan Jalan dan Alamat yang Dikodekan Secara Geografis. <i>Transaksi dalam SIG</i> 9:585–601. |
| Kennedy, M. 1996. <i>Global Sistem Penentuan Posisi dan GIS</i> . Ann Arbor, MI: Ann Arbor Press.  | McCullough, A., P. James, dan S. Barr. 2011. Sistem Geoprosesing Berorientasi Layanan untuk Pemantauan Lalu Lintas Jalan Raya Waktu Nyata. <i>Transaksi dalam SIG</i> 15:651–665.              | Zandbergen, PA, dan SJ Barbeau. 2011. Akurasi Posisi Data GPS Terpandu dari Ponsel Berkemampuan GPS Sensitivitas Tinggi. <i>Jurnal Navigasi</i> 64:381–399.                    |
| Lange, AF, dan C. Gilbert. 1999. Menggunakan GPS untuk Pengambilan Data GIS. Dalam PA Longley, MF Goodchild, DJ Maguire, dan DW Rhind, ed., <i>Sistem Informasi Geografis</i> , edisi ke-2, hlm. 467–479. New York: Wiley. | Zandbergen, PA, DA Ignizio, dan KE Lenzer. 2011. Posisi Ac-kurasi Jaringan Jalan TIGER 2000 dan 2009. <i>Transaksi di SIG</i> 15:495–519.  |  |



# 6

# TRANSFORMASI GEOMETRI

## GARIS BESAR BAB

6.1 Transformasi Geometri

6.2 Kesalahan Akar Rata-Rata Kuadrat (RMS)

6.3 Interpretasi Kesalahan RMS pada Data Digital

Peta

6.4 Resampling Nilai Piksel

Peta yang baru didigitalisasi memiliki satuan ukuran yang sama dengan peta sumber yang digunakan dalam digitalisasi atau pemindaian. Jika didigitalisasi secara manual, peta diukur dalam inci, sama dengan tabel digitalisasi. Jika dikonversi dari citra pindai, peta diukur dalam titik per inci (dpi). Peta yang baru didigitalisasi ini tidak dapat disejajarkan secara spasial dengan lapisan dalam sistem informasi geografis (SIG) yang berbasis pada sistem koordinat yang diproyeksikan (Bab 2). Agar dapat digunakan, kita harus mengonversi peta yang baru didigitalisasi menjadi sistem koordinat yang diproyeksikan. Konversi ini disebut transformasi geometrik, yang dalam hal ini, mengubah koordinat fitur peta dari satuan digitizer atau dpi menjadi koordinat yang diproyeksikan. Hanya melalui transformasi geometrik, peta yang baru didigitalisasi dapat

peta digital sejajar dengan lapisan lain untuk tampilan atau analisis data.

Transformasi geometri juga berlaku untuk citra satelit. Data penginderaan jauh direkam dalam baris dan kolom. Transformasi geometri dapat mengubah baris dan kolom menjadi koordinat yang diproyeksikan. Selain itu, transformasi ini dapat mengoreksi kesalahan geometri pada data penginderaan jauh, yang disebabkan oleh gerakan relatif satelit (yaitu, pemindainya dan Bumi) dan variasi posisi dan ketinggian platform penginderaan jauh yang tidak terkendali. Meskipun beberapa kesalahan ini (misalnya, rotasi Bumi) dapat dihilangkan secara sistematis, kesalahan tersebut biasanya dihilangkan melalui transformasi geometri.

Bab 6 membahas topik sistem koordinat terproyeksi yang sama dengan Bab 2, tetapi keduanya berbeda dalam konsep dan proses. Proyeksi mengonversi kumpulan data dari koordinat geografis 3D ke koordinat proyeksi 2D, sedangkan transformasi geometri mengonversi kumpulan data dari unit digitizer 2D atau baris dan kolom ke koordinat proyeksi 2D.

Proyeksi ulang mengonversi sistem koordinat yang diproyeksikan dari satu ke yang lain, dengan keduanya sudah digeoreferensikan. Namun, transformasi geometrik di Bab 6 melibatkan peta digital baru atau citra satelit yang perlu digeoreferensikan.

Bab 6 memiliki empat bagian berikut.

Bagian 6.1 mengulas metode transformasi, terutama transformasi afin, yang umum digunakan dalam SIG dan penginderaan jauh. Bagian 6.2 mengkaji galat akar kuadrat rata-rata (RMS), suatu ukuran kualitas transformasi geometri dengan membandingkan lokasi estimasi dan lokasi aktual suatu titik, serta cara mendapatkannya. Bagian 6.3 membahas interpretasi galat RMS pada peta digital. Bagian 6.4 membahas resampling nilai piksel untuk data penginderaan jauh setelah transformasi.

## 6.1 TRANSFORMASI GEOMETRI

**Transformasi geometri** adalah proses penggunaan serangkaian titik kontrol dan persamaan transformasi untuk mendaftarkan peta digital, citra satelit, atau foto udara ke dalam sistem koordinat yang diproyeksikan. Sebagaimana definisinya, transformasi geometri merupakan operasi umum dalam SIG, penginderaan jauh, dan fotogrametri. Namun, aspek matematis transformasi geometri berasal dari geometri koordinat (Moffitt dan Mikhail 1980).

### 6.1.1 Transformasi Peta-ke-Peta dan Gambar-ke-Peta

Peta yang baru didigitalisasi, baik yang didigitalisasi manual maupun yang dijiplak dari berkas pindaian, didasarkan pada satuan digitizer. Satuan digitizer dapat berupa inci atau titik per inci. Transformasi geometri mengubah peta yang baru didigitalisasi menjadi koordinat yang diproyeksikan dalam proses yang sering disebut **transformasi peta-ke-peta**.

**Transformasi gambar ke peta** berlaku untuk data yang diperoleh dari penginderaan jarak jauh (Jensen 1996; Richards dan

Jia 1999). Istilah ini menunjukkan bahwa transformasi mengubah baris dan kolom (yaitu, koordinat citra) dari citra satelit menjadi koordinat yang diproyeksikan. Istilah lain yang menjelaskan transformasi semacam ini adalah georeferensi (Verbyla dan Chang 1997; Lillesand, Kiefer, dan Chipman 2007). Citra yang telah digeoreferensi dapat terekam secara spasial dengan fitur atau lapisan raster lain dalam basis data SIG, selama sistem koordinatnya sama.

Baik dari peta ke peta maupun citra ke peta, transformasi geometri menggunakan serangkaian titik kontrol untuk membentuk model matematika yang menghubungkan koordinat peta suatu sistem dengan sistem lainnya, atau koordinat citra dengan koordinat peta. Penggunaan titik kontrol membuat prosesnya agak tidak pasti. Hal ini khususnya berlaku untuk transformasi gambar ke peta karena titik kontrol dipilih langsung dari gambar asli. Penempatan titik kontrol yang salah dapat membuat hasil transformasi tidak dapat diterima.

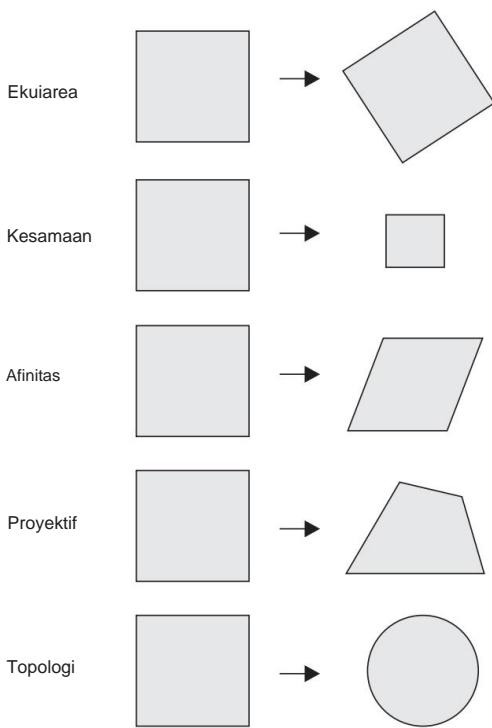
Kesalahan **akar rata-rata kuadrat (RMS)** adalah ukuran kuantitatif yang dapat menentukan kualitas transformasi geometri. Nilai ini mengukur perpindahan antara lokasi aktual dan estimasi titik kontrol. Jika kesalahan RMS dapat diterima, maka model matematika yang diturunkan dari titik kontrol dapat digunakan untuk mentransformasi seluruh peta atau gambar.

Transformasi peta-ke-peta secara otomatis membuat peta baru yang siap digunakan. Di sisi lain, transformasi gambar-ke-peta memerlukan langkah tambahan berupa resampling untuk menyelesaikan prosesnya. Resampling mengisi setiap piksel pada gambar yang ditransformasi dengan nilai yang berasal dari gambar asli.

### 6.1.2 Metode Transformasi

Berbagai metode telah diusulkan untuk transformasi dari satu sistem koordinat ke sistem koordinat lainnya (Taylor 1977; Moffitt dan Mikhail 1980). Setiap metode dibedakan berdasarkan sifat geometris yang dapat dipertahankan dan perubahan yang diizinkan.

Efek transformasi bervariasi dari perubahan posisi dan arah, hingga perubahan skala yang seragam, hingga perubahan bentuk dan ukuran (Gambar 6.1).

**Gambar 6.1**

Berbagai jenis transformasi geometri.

Berikut ini ringkasan metode transformasi tersebut dan pengaruhnya terhadap objek persegi panjang (misalnya, peta berbentuk persegi panjang):

- Transformasi ekuiarea memungkinkan rotasi persegi panjang dan mempertahankan bentuk dan ukurannya.
- Transformasi kesamaan memungkinkan rotasi persegi panjang dan mempertahankan bentuknya tetapi tidak ukurannya.
- **Transformasi affine** memungkinkan distorsi sudut bentuk persegi panjang tetapi mempertahankan kesejajaran garis (yakni, garis sejajar tetap menjadi garis sejajar).
- Transformasi proyektif memungkinkan distorsi sudut dan panjang, sehingga memungkinkan persegi panjang diubah menjadi segi empat tidak beraturan.

Transformasi afin mengasumsikan input yang terdistorsi secara seragam (peta atau citra), dan umumnya disarankan untuk transformasi peta-ke-peta atau citra-ke-peta. Namun, jika input diketahui memiliki distribusi distorsi yang tidak merata, seperti foto udara dengan pergeseran relief (pergeseran lokasi objek karena topografi lokal), maka transformasi proyektif direkomendasikan. Transformasi polinomial umum juga tersedia dalam banyak paket SIG, yang menggunakan permukaan yang dihasilkan dari persamaan polinomial orde kedua atau lebih tinggi untuk mentransformasi citra satelit dengan tingkat distorsi dan pergeseran relief topografi yang tinggi. Proses transformasi polinomial umumnya disebut rubber sheeting. Rubber sheeting juga merupakan metode untuk menggabungkan peta digital yang dihasilkan dari berbagai sumber untuk berbagai aplikasi (Saalfeld 1988).

### 6.1.3 Transformasi Afin

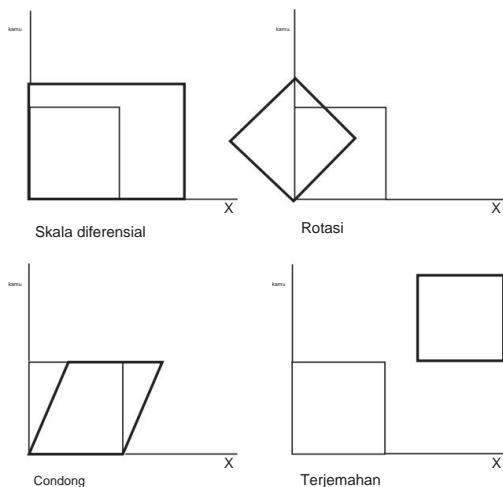
Transformasi afin memungkinkan rotasi, translasi, kemiringan, dan penskalaan diferensial pada objek persegi panjang, dengan tetap mempertahankan paralelisme garis (Pettofrezzo 1978; Loudon, Wheeler, dan Andrew 1980; Chen, Lo, dan Rau 2003). Rotasi memutar sumbu x dan y objek dari titik asal. Translasi menggeser titik asal ke lokasi baru. Kemiringan memungkinkan nonperpendikularitas (atau afinitas) antara sumbu-sumbu tersebut, sehingga mengubah bentuknya menjadi jajargenjang dengan arah miring. Dan penskalaan diferensial mengubah skala dengan memperluas atau memperkecil pada arah x dan/atau y. Gambar 6.2 menunjukkan keempat transformasi ini secara grafis.

Secara matematis, transformasi affine dinyatakan sebagai sepasang persamaan polinomial orde pertama:

$$X = Ax + By + C \quad (6.1)$$

$$Y = Dx + Ey + F \quad (6.2)$$

di mana x dan y adalah koordinat masukan yang diberikan; X dan Y adalah koordinat keluaran yang akan ditentukan; dan A, B, C, D, E, dan F adalah koefisien transformasi.

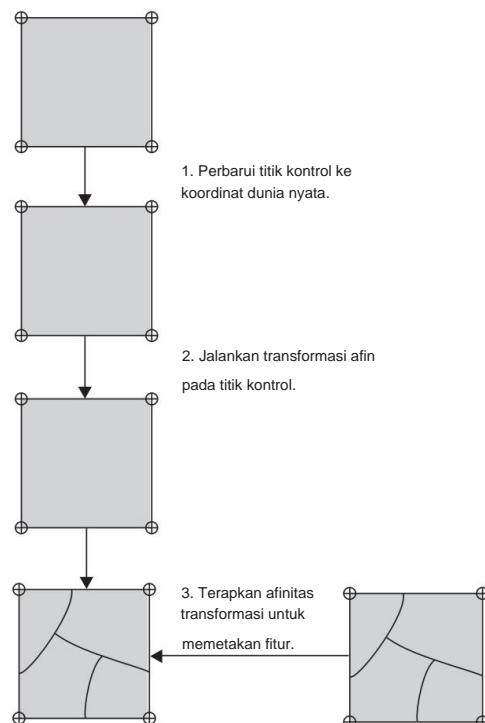
**Gambar 6.2**

Skala diferensial, rotasi, kemiringan, dan translasi dalam transformasi afin.

Persamaan yang sama berlaku untuk peta digital dan citra satelit. Namun, ada dua perbedaan. Pertama,  $x$  dan  $y$  mewakili koordinat titik pada peta digital, tetapi keduanya mewakili kolom dan baris pada citra satelit. Kedua, koefisien  $E$

Nilai negatif untuk citra satelit. Hal ini karena titik asal citra satelit terletak di pojok kiri atas, sedangkan titik asal sistem koordinat yang diproyeksikan berada di pojok kiri bawah.

Secara operasional, transformasi afin dari peta atau citra digital melibatkan tiga langkah (Gambar 6.3). Pertama, perbarui koordinat  $x$  dan  $y$  dari titik kontrol yang dipilih ke koordinat dunia nyata (proyeksi). Jika koordinat dunia nyata tidak tersedia, kita dapat menurunkannya dengan memproyeksikan nilai bujur dan lintang dari titik kontrol. Kedua, jalankan transformasi afin pada titik kontrol dan periksa kesalahan RMS. Jika kesalahan RMS lebih tinggi dari nilai yang diharapkan, pilih kumpulan titik kontrol yang berbeda dan jalankan kembali transformasi afin. Jika kesalahan RMS dapat diterima, maka enam koefisien transformasi afin yang diestimasi dari titik kontrol digunakan pada langkah berikutnya. Ketiga, gunakan koefisien yang diestimasi dan persamaan transformasi untuk menghitung koordinat  $x$  dan  $y$  baru dari fitur pada peta digital atau piksel di

**Gambar 6.3**

Transformasi geometri biasanya melibatkan tiga langkah. Langkah 1 memperbarui titik kontrol ke koordinat dunia nyata. Langkah 2 menggunakan titik kontrol untuk menjalankan transformasi afin. Langkah 3 menghasilkan keluaran dengan menerapkan persamaan transformasi ke fitur masukan.

Gambar. Hasil dari langkah ketiga adalah peta atau gambar baru berdasarkan sistem koordinat proyeksi yang ditentukan pengguna.

## 6.1.4 Titik Kontrol

Titik kontrol memainkan peran kunci dalam menentukan akurasi transformasi afin (Bolstad, Gessler, dan Lillesand 1990). Namun, pemilihan titik kontrol berbeda antara transformasi peta-ke-peta dan transformasi citra-ke-peta.

Pemilihan titik kontrol untuk transformasi peta ke peta relatif mudah.

Yang kita butuhkan adalah titik-titik dengan koordinat dunia nyata yang diketahui. Jika tidak tersedia, kita bisa menggunakan



## Kotak 6.1 Estimasi Koefisien Transformasi

Itu Contoh yang digunakan di sini dan selanjutnya di Bab 6 adalah peta tanah segi empat ketiga (seperti dari peta segi empat skala 1:24.000 Survei Geologi Amerika Serikat [USGS]) yang dipindai pada 300 dpi. Peta ini memiliki empat titik kontrol yang ditandai di sudut-sudutnya: Tic 1 di sudut Barat Laut, Tic 2 di sudut Timur Laut, Tic 3 di sudut Tenggara, dan Tic 4 di sudut Barat Daya. X dan Y menunjukkan koordinat titik kontrol di dunia nyata (output) dalam meter berdasarkan Universal Transverse Sistem koordinat Mercator (UTM), dengan x dan y menunjukkan lokasi digital (input) titik kontrol. Satuan pengukuran lokasi digital adalah 1/300 inci, yang sesuai dengan resolusi pemindaian.

Tabel berikut menunjukkan koordinat input dan output titik kontrol:

Tic-Id	x	y	X	Y
1	465.403	2733.558	518843.844	5255910.5
2	5102.342	2744.195	528265.750	5255948.5
3	5108.498	465.302	528288.063	5251318.0
4	468.303	455.048	518858.719	5251280.0

Kita dapat memecahkan koefisien transformasi dengan menggunakan persamaan berikut dalam bentuk matriks:

$$\begin{bmatrix} C & F \\ A & D \\ B & E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \Sigma x & \Sigma y \\ \Sigma x & \Sigma x^2 & \Sigma xy \\ \Sigma y & \Sigma xy & \Sigma y^2 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \Sigma X & \Sigma Y \\ \Sigma xX & \Sigma xY \\ \Sigma yX & \Sigma yY \end{bmatrix}$$

di mana n adalah jumlah titik kontrol dan semua notasi lainnya sama seperti yang telah didefinisikan sebelumnya. Koefisien transformasi yang diturunkan dari persamaan menunjukkan

$$\begin{aligned} A &= 2,032, B = -0,004, C = 517909,198, \\ D &= 0,004, E = 2,032, F = 5250353,802 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan enam koefisien transformasi ini dan Persamaan (6.1) dan (6.2), peta tanah yang dipindai dapat dikonversi menjadi citra georeferensi (terkoreksi). Tugas 1 di Bab 6 menunjukkan bagaimana hal ini dapat dilakukan di ArcGIS. Beberapa data gambar yang digunakan dalam GIS menyertakan berkas dunia terpisah, yang mencantumkan enam koefisien transformasi untuk transformasi gambar ke dunia.

titik dengan nilai lintang dan bujur yang diketahui dan memproyeksikannya ke koordinat dunia nyata.

Peta segi empat skala USGS 1:24.000 memiliki 16 titik dengan nilai lintang dan bujur yang diketahui: 12 titik di sepanjang perbatasan dan 4 titik tambahan di dalam segi empat. (Ke-16 titik ini membagi segi empat menjadi 2,5 menit lintang dan bujur.) Ke-16 titik ini juga disebut tic.

Transformasi afin membutuhkan minimal tiga titik kontrol untuk memperkirakan enam koefisiennya. Namun, seringkali empat atau lebih titik kontrol digunakan untuk mengurangi masalah kesalahan pengukuran dan memungkinkan solusi kuadrat terkecil. Setelah titik kontrol dipilih, titik-titik tersebut didigitalisasi bersama dengan fitur peta ke dalam peta digital.

Koordinat titik-titik kontrol pada peta digital adalah nilai x, y pada persamaan (6.1) dan (6.2), dan koordinat dunia nyata dari titik-titik kontrol ini adalah nilai X, Y. Kotak 6.1 menunjukkan

Contoh penggunaan empat titik kontrol untuk menurunkan enam koefisien. Kotak 6.2 menunjukkan keluaran dari transformasi afin dan interpretasi transformasi tersebut.

Titik kontrol untuk transformasi gambar ke peta biasanya disebut titik kontrol tanah.

**Titik kontrol tanah (GCP)** adalah titik di mana koordinat citra (dalam kolom dan baris) dan koordinat dunia nyata dapat diidentifikasi. Koordinat citra adalah nilai x, y, dan koordinat dunia nyata yang sesuai adalah nilai X, Y pada Persamaan (6.1) dan (6.2).

GCP dipilih langsung dari citra satelit. Oleh karena itu, pemilihannya tidak semudah memilih empat titik untuk peta digital. Idealnya, GCP adalah fitur-fitur yang muncul dengan jelas sebagai piksel tunggal yang berbeda. Contohnya termasuk persimpangan jalan, singkapan batu, kolam kecil, atau fitur-fitur khas di sepanjang garis pantai. Georeferensi



Dengan menggunakan data dari Kotak 6.1, kita dapat menginterpretasikan Sifat-sifat geometri transformasi afin. Koefisien C mewakili translasi pada arah x dan F mewakili translasi pada arah y. Sifat-sifat lain seperti rotasi, kemiringan, dan penskalaan dapat diturunkan dari persamaan berikut:

$$\begin{aligned} A &= Sx \cos(t) \\ B &= Sy [k \cos(t) \hat{y} \sin(t)] \\ D &= Sx \sin(t) \\ E &= Sy [k \sin(t) + \cos(t)] \end{aligned}$$

di mana  $Sx$  adalah perubahan skala pada x,  $Sy$  adalah perubahan skala pada y,  $t$  adalah sudut rotasi, dan  $k$  adalah faktor geser. Sebagai contoh, kita dapat menggunakan persamaan untuk  $A$  dan  $D$  untuk terlebih dahulu menurunkan nilai  $t$ , lalu menggunakan nilai

dalam salah satu persamaan untuk menurunkan  $Sx$ . Berikut ini daftar sifat-sifat geometri turunan dari transformasi afin dari Kotak 6.1:

$$\begin{aligned} \text{Skala } (X, Y) &= (2,032, 2,032) \\ \text{Kemiringan (derajat)} &= (\hat{y}0,014) \\ \text{Rotasi (derajat)} &= (0,102) \\ \text{Terjemahan} &= (517909.198, 5250353.802) \end{aligned}$$

Sudut rotasi positif berarti rotasi berlawanan arah jarum jam dari sumbu x, dan sudut kemiringan negatif berarti pergeseran searah jarum jam dari sumbu y. Kedua sudutnya sangat kecil, artinya perubahan dari persegi panjang asli menjadi jajargenjang melalui transformasi afin sangat kecil.

Adegan TM (Thematic Mapper) mungkin memerlukan rangkaian awal 20 GCP atau lebih. Beberapa titik ini pada akhirnya dihilangkan dalam proses transformasi karena berkontribusi pada RMS yang besar. Setelah GCP diidentifikasi pada citra satelit, koordinat dunia nyatanya dapat diperoleh dari peta digital atau pembacaan GPS (sistem penentuan posisi global).

## 6.2 AKAR RATA-RATA KUADRAT (RMS)

### KESALAHAN

Transformasi afin menggunakan koefisien yang diturunkan dari sekumpulan titik kontrol untuk mentransformasi peta digital atau citra satelit. Lokasi titik kontrol pada peta digital atau citra merupakan lokasi estimasi dan dapat menyimpang dari lokasi sebenarnya. Ukuran umum untuk menilai kualitas titik kontrol adalah galat RMS, yang mengukur deviasi antara lokasi aktual (sebenarnya) dan lokasi estimasi (digital) titik kontrol.

Bagaimana kesalahan RMS diturunkan dari peta digital? Setelah keenam koefisien diestimasi, kita dapat menggunakan koordinat peta tersebut.

titik kontrol pertama sebagai input (yaitu, nilai x dan y) ke Persamaan (6.1) dan (6.2) dan menghitung nilai X dan Y, masing-masing. Jika titik kontrol digital ditempatkan dengan sempurna, nilai X dan Y yang dihitung akan sama dengan koordinat dunia nyata titik kontrol. Tetapi ini jarang terjadi. Deviasi antara nilai X dan Y yang dihitung (diperkirakan) dan koordinat aktual kemudian menjadi kesalahan yang terkait dengan titik kontrol pertama pada output. Demikian pula, untuk mendapatkan kesalahan yang terkait dengan titik kontrol pada input, kita dapat menggunakan koordinat dunia nyata titik tersebut sebagai input dan mengukur deviasi antara nilai x dan y yang dihitung dan koordinat digital.

Prosedur untuk mendapatkan kesalahan RMS juga berlaku untuk GCP yang digunakan dalam transformasi citra ke peta. Sekali lagi, perbedaannya adalah kolom dan baris citra satelit menggantikan koordinat digital.

Secara matematis, kesalahan input atau output untuk suatu titik kontrol dihitung dengan:

$$\sqrt{(x_{\text{act}} - x_{\text{est}})^2 + (y_{\text{act}} - y_{\text{est}})^2} \quad (6.3)$$

**Kotak 6.3****RMS dari Transformasi Afin**

Itu berikut menunjukkan laporan RMS menggunakan data dari Kotak 6.1.

Kesalahan RMS (masukan, keluaran) = (0,138, 0,281)

Tic-Id	Masukan x	Masukan y	Keluaran X	Keluaran Y	Kesalahan X	Kesalahan Y	Kesalahan RMS
	Keluaran X	Keluaran Y					
1	465.403	2733.558					
	518843.844	5255910.5	ŷ0.205	ŷ0.192			
2	5102.342	2744.195					
	528265.750	5255948.5		0,205	0,192		
3	5108.498	465.302					
	528288.063	5251318.0	ŷ0.205	ŷ0.192			
4	468.303	455.048					
	518858.719	5251280.0	0,205	0,192			

Keluaran menunjukkan bahwa deviasi rata-rata antara lokasi masukan dan keluaran titik kontrol adalah 0,281 meter berdasarkan sistem koordinat UTM, atau 0,00046 inci (0,138 dibagi 300) berdasarkan unit digitizer. Kesalahan RMS ini berada dalam rentang yang dapat diterima. Kesalahan X dan Y individual menunjukkan bahwa kesalahan sedikit lebih rendah pada arah y daripada pada arah x dan bahwa kesalahan RMS rata-rata terdistribusi secara merata di antara keempat titik kontrol.

di mana  $x_{act}$  dan  $y_{act}$  merupakan nilai x dan y dari lokasi aktual, dan  $x_{est}$  dan  $y_{est}$  merupakan nilai x dan y dari lokasi yang diestimasikan.

Kesalahan RMS rata-rata dapat dihitung dengan merata-ratakan kesalahan dari semua titik kontrol:

$$\sqrt{\left[ \sum_{i=1}^n (x_{act, i} - x_{est, i})^2 + \sum_{i=1}^n (y_{act, i} - y_{est, i})^2 \right] / n} \quad (6.4)$$

di mana n adalah jumlah titik kontrol,  $x_{act}$ , i dan

merupakan nilai x dan y dari lokasi sebenarnya dari  $y_{act}$ , titik kontrol i, dan  $x_{est}$ , i dan kemarin, aku adalah x dan y nilai perkiraan lokasi titik kontrol i.

Kotak 6.3 menunjukkan contoh kesalahan RMS rata-rata dan kesalahan keluaran X dan Y untuk setiap titik kontrol dari transformasi afin.

Untuk memastikan akurasi transformasi geometri, kesalahan RMS harus berada dalam nilai toleransi. Produsen data menentukan nilai toleransi, yang dapat bervariasi tergantung pada akurasi dan skala peta atau resolusi permukaan tanah.

data masukan. Kesalahan RMS (keluaran) <6 meter Kemungkinan dapat diterima jika peta masukan berupa peta segi empat USGS skala 1:24.000. Kesalahan RMS (masukan) <1 piksel kemungkinan dapat diterima untuk pemandangan TM dengan resolusi tanah 30 meter.

Jika kesalahan RMS berdasarkan titik kontrol berada dalam rentang yang dapat diterima, maka diasumsikan bahwa tingkat akurasi yang sama ini juga dapat diterapkan pada keseluruhan peta atau citra. Namun, asumsi ini mungkin tidak berlaku dalam kondisi tertentu, seperti yang ditunjukkan pada Bagian 6.3.

Jika kesalahan RMS melampaui toleransi yang ditetapkan, maka titik kontrol perlu disesuaikan.

Untuk peta digital, ini berarti mendigitalkan ulang titik kontrol. Untuk citra satelit, penyesuaian berarti menghapus titik kontrol yang paling berkontribusi terhadap galat RMS dan menggantinya dengan GCP baru. Oleh karena itu, transformasi geometri merupakan proses iteratif untuk memilih titik kontrol, memperkirakan koefisien transformasi, dan menghitung galat RMS. Proses ini berlanjut hingga diperoleh RMS yang memuaskan.

### 6.3 INTERPRETASI KESALAHAN RMS PADA PETA DIGITAL

Jika kesalahan RMS berada dalam rentang yang dapat diterima, kita biasanya berasumsi bahwa transformasi seluruh peta juga dapat diterima. Namun, asumsi ini bisa saja salah jika terjadi kesalahan besar dalam digitalisasi titik kontrol atau dalam memasukkan pembacaan bujur dan lintang titik kontrol.

Sebagai contoh, kita dapat menggeser lokasi titik kontrol 2 dan 3 (dua titik kontrol di sebelah kanan) pada segi empat ketiga (mirip dengan yang ada di Kotak 6.1) dengan meningkatkan nilai x-nya secara konstan.

Kesalahan RMS akan tetap kurang lebih sama karena objek yang dibentuk oleh keempat titik kontrol tersebut tetap berbentuk jajaran genjang. Namun, garis-garis tanah akan menyimpang dari lokasinya pada peta sumber. Masalah yang sama terjadi jika kita menaikkan nilai x titik kontrol 1 dan 2 (dua titik kontrol teratas) dengan suatu konstanta, dan menurunkan nilai x titik kontrol 3 dan 4 (dua titik kontrol terbawah) dengan suatu konstanta (Gambar 6.4). Faktanya, kesalahan RMS akan berada dalam batas toleransi selama objek tersebut

yang dibentuk oleh titik kontrol yang bergeser tetap merupakan jajargenjang.

Pembacaan garis bujur dan garis lintang yang tercetak pada peta kertas terkadang keliru. Hal ini dapat menyebabkan kesalahan RMS yang dapat diterima, tetapi kesalahan lokasi yang signifikan untuk fitur peta digital. Misalkan pembacaan garis lintang titik kontrol 1 dan 2 (dua titik kontrol teratas) meleset 10 inci (misalnya,  $47^{\circ}27'20''$ , bukan  $47^{\circ}27'30''$ ). Kesalahan RMS dari transformasi dapat diterima, tetapi garis tanah akan menyimpang dari lokasinya pada peta sumber (Gambar 6.5). Masalah yang sama terjadi jika pembacaan garis bujur titik kontrol 2 dan 3 (dua titik kontrol di sebelah kanan) meleset 30 inci (misalnya,  $\dot{y}116^{\circ}37'00''$ , bukan  $\dot{y}116^{\circ}37'30''$ ).

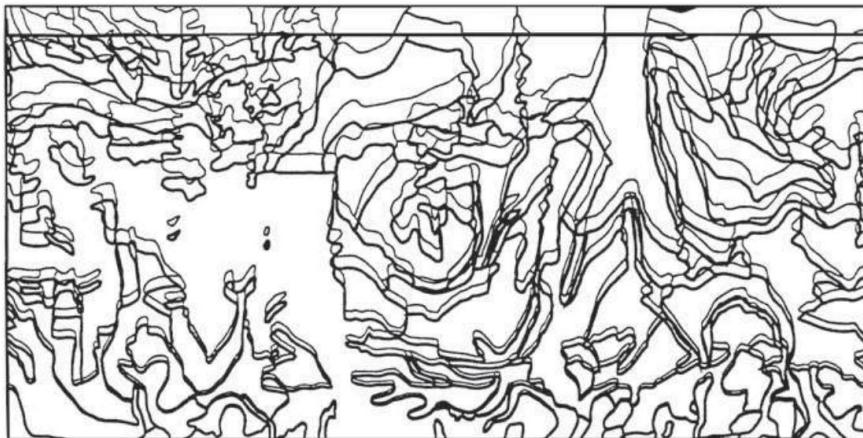
Sekali lagi, hal ini terjadi karena transformasi afin bekerja dengan jajaran genjang. Meskipun kita cenderung menganggap remeh keakuratan peta yang dipublikasikan, kesalahan pembacaan bujur dan lintang bukanlah hal yang aneh, terutama pada peta inset (peta yang lebih kecil dari ukuran normal) dan peta berukuran besar (peta yang lebih besar dari ukuran normal).

Kami biasanya menggunakan empat titik sudut peta sumber sebagai titik kontrol. Praktik ini masuk akal karena pembacaan bujur dan bujur yang tepat



**Gambar 6.4**

Lokasi garis tanah yang tidak akurat dapat disebabkan oleh kesalahan lokasi titik input. Garis tipis menunjukkan garis tanah yang benar, sementara garis tebal menunjukkan garis tanah yang salah. Dalam kasus ini, nilai x dari dua titik atas meningkat sebesar 0,2 inci, sementara nilai x dari dua titik bawah menurun sebesar 0,2 inci pada kuadran ketiga ( $15,4$  inci  $\times 7,6$  inci).



**Gambar 6.5**

Lokasi garis tanah yang salah dapat disebabkan oleh kesalahan lokasi tic keluaran. Garis tipis menunjukkan garis tanah yang benar, dan garis tebal menunjukkan garis tanah yang salah. Dalam hal ini, pembacaan lintang dari dua tic teratas meleset 10 inci. (misalnya,  $47^{\circ}27'20''$  bukannya  $47^{\circ}27'30''$ ) pada segi empat ketiga.

Lintang biasanya ditunjukkan pada titik-titik tersebut. Selain itu, penggunaan titik sudut sebagai titik kontrol membantu proses penggabungan peta dengan peta-peta di sebelahnya. Namun, praktik penggunaan empat titik kontrol sudut tidak menghalangi penggunaan lebih banyak titik kontrol jika terdapat titik-titik tambahan dengan lokasi yang diketahui. Transformasi afin menggunakan solusi kuadrat terkecil ketika terdapat lebih dari tiga titik kontrol; oleh karena itu, penggunaan lebih banyak titik kontrol berarti cakupan keseluruhan peta yang lebih baik dalam transformasi. Dalam situasi lain, titik kontrol yang lebih dekat dengan fitur peta yang diinginkan sebaiknya digunakan, bukan titik sudut. Hal ini memastikan akurasi lokasi fitur-fitur peta tersebut.

## 6.4 RESAMPLING NILAI PIKSEL

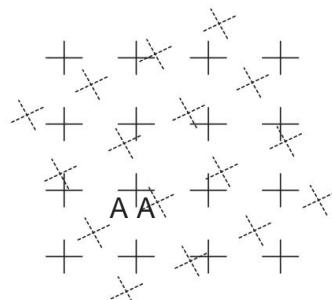
Hasil transformasi geometrik citra satelit adalah citra baru berdasarkan sistem koordinat yang diproyeksikan. Namun, citra baru tersebut tidak memiliki nilai piksel.

Nilai piksel mesti diisi melalui resampling.

**Resampling** dalam kasus ini berarti mengisi setiap piksel gambar baru dengan nilai atau nilai turunan dari gambar asli.

### 6.4.1 Metode Resampling

Tiga metode resampling umum yang disusun berdasarkan urutan peningkatan kompleksitas dan akurasi adalah: tetangga terdekat, interpolasi bilinear, dan konvolusi kubik. Metode resampling **tetangga terdekat** mengisi setiap piksel pada citra baru dengan nilai piksel terdekat dari citra asli. Sebagai contoh, Gambar 6.6 menunjukkan bahwa piksel A pada citra baru



**Gambar 6.6**

Karena A pada gambar asli paling dekat dengan piksel A pada gambar baru, nilai piksel pada A ditetapkan menjadi nilai piksel pada A menggunakan teknik tetangga terdekat.

**Kotak 6.4****Perhitungan untuk Interpolasi Bilinear**

Bilinear Interpolasi menggunakan empat tetangga terdekat pada citra asli untuk menghitung nilai piksel pada citra baru. Piksel x pada Gambar 6.7 merepresentasikan piksel pada citra baru yang nilainya perlu diturunkan dari citra asli. Piksel x berkorespondensi dengan lokasi (2,6,2,5) pada citra asli. Empat tetangga terdekatnya memiliki koordinat citra (2, 2), (3, 2), (2, 3), dan (3, 3), serta nilai piksel masing-masing 10, 5, 15, dan 10.

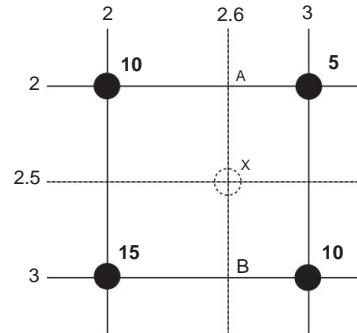
Dengan menggunakan metode interpolasi bilinear, pertama-tama kita melakukan dua interpolasi linier sepanjang garis pindai 2 dan 3 untuk memperoleh nilai interpolasi pada a dan b:

$$a = 0,6(5) + 0,4(10) = 7$$

$$b = 0,6(10) + 0,4(15) = 12$$

Kemudian kita melakukan interpolasi linier ketiga antara a dan b untuk memperoleh nilai interpolasi pada x:

$$x = 0,5(7) + 0,5(12) = 9,5$$

**Gambar 6.7**

Metode interpolasi bilinear menggunakan nilai empat piksel terdekat (lingkaran hitam) pada gambar asli untuk memperkirakan nilai piksel pada x pada gambar baru.

akan mengambil nilai piksel a pada citra asli karena merupakan tetangga terdekat. Metode tetangga terdekat tidak memerlukan komputasi numerik apa pun. Metode ini memiliki sifat tambahan untuk mempertahankan nilai piksel asli, yang penting untuk data kategorikal seperti jenis tutupan lahan dan diinginkan untuk beberapa pemrosesan citra seperti deteksi tepi (mendeteksi perubahan tajam pada kecerahan citra).

Baik interpolasi bilinear maupun konvolusi kubik mengisi gambar baru dengan rata-rata tertimbang jarak dari nilai piksel dari gambar asli.

Metode **interpolasi bilinear** menggunakan rata-rata empat nilai piksel terdekat dari tiga interpolasi linier, sedangkan metode **konvolusi kubik** menggunakan rata-rata 16 nilai piksel terdekat dari lima interpolasi polinomial kubik (Richards dan Jia 1999). Konvolusi kubik cenderung menghasilkan keluaran umum yang lebih halus daripada interpolasi bilinear tetapi membutuhkan waktu yang lebih lama (tujuh kali lebih lama).

(beberapa perkiraan) waktu pemrosesan. Kotak 6.4 menunjukkan contoh interpolasi bilinear.

**6.4.2 Penggunaan Resampling Lainnya**

Transformasi geometrik citra satelit bukanlah satu-satunya operasi yang memerlukan resampling. Resampling diperlukan setiap kali terjadi perubahan lokasi atau ukuran sel antara raster masukan dan raster keluaran. Misalnya, memproyeksikan raster dari satu sistem koordinat ke sistem koordinat lain memerlukan resampling untuk mengisi nilai sel raster keluaran. Resampling juga terlibat ketika raster berubah dari satu ukuran sel ke ukuran sel lainnya (misalnya, dari 10 menjadi 15 meter). **Piramida** adalah teknik umum untuk menampilkan kumpulan data raster yang besar (Kotak 6.5). Resampling digunakan dengan piramida untuk membangun berbagai tingkat piramida. Apa pun aplikasinya, resampling biasanya menggunakan salah satu dari tiga metode resampling untuk menghasilkan raster keluaran.

**Kotak 6.5****Piramida dalam Pemrosesan Gambar****SIG**

Paket-paket, termasuk ArcGIS, telah mengadopsi piramida untuk menampilkan set data raster yang besar. Piramida membangun berbagai tingkat piramida untuk merepresentasikan resolusi raster besar yang diperkecil atau lebih rendah. Karena raster beresolusi lebih rendah (yaitu, tingkat piramida lebih besar dari 0) membutuhkan ruang memori yang lebih sedikit, raster tersebut dapat menampilkan

lebih cepat. Oleh karena itu, saat melihat keseluruhan raster, kita melihatnya pada tingkat piramida tertinggi. Dan, saat kita memperbesar, kita melihat data yang lebih detail pada resolusi yang lebih halus (yaitu, tingkat piramida yang mendekati 0). Resampling terlibat dalam membangun berbagai tingkat piramida.

**KONSEP DAN ISTILAH UTAMA**

**Transformasi afin:** Metode transformasi geometri yang memungkinkan rotasi, translasi, kemiringan, dan penskalaan diferensial pada objek persegi panjang sambil mempertahankan paralelisme garis.

**Interpolasi bilinear:** Metode resampling yang menggunakan rata-rata tertimbang jarak dari empat nilai piksel terdekat untuk memperkirakan nilai piksel baru.

**Konvolusi kubik:** Metode resampling yang menggunakan rata-rata tertimbang jarak dari 16 nilai piksel terdekat untuk memperkirakan nilai piksel baru.

**Transformasi geometri:** Proses mengubah peta atau gambar dari satu sistem koordinat ke sistem koordinat lainnya dengan menggunakan serangkaian titik kontrol dan persamaan transformasi.

**Titik kontrol tanah (GCP):** Titik yang digunakan sebagai titik kontrol untuk transformasi gambar ke peta.

**Transformasi gambar ke peta:** Salah satu jenis transformasi geometri yang mengubah baris

dan kolom citra satelit menjadi koordinat dunia nyata.

**Transformasi peta ke peta:** Satu jenis transformasi geometri yang mengubah peta yang baru didigitalkan menjadi koordinat dunia nyata.

**Tetangga terdekat:** Metode pengambilan sampel ulang yang menggunakan nilai piksel terdekat untuk memperkirakan nilai piksel baru.

**Piramida:** Teknik yang membangun berbagai tingkat piramida untuk menampilkan kumpulan data raster besar pada resolusi berbeda.

**Resampling:** Proses pengisian setiap piksel gambar yang baru ditransformasi dengan nilai atau nilai turunan dari gambar asli.

**Kesalahan akar rata-rata kuadrat (RMS):** Ukuran deviasi antara lokasi aktual dan lokasi titik kontrol yang diestimasi dalam transformasi geometri.

**PERTANYAAN ULASAN**

1. Jelaskan transformasi peta ke peta.
2. Jelaskan transformasi gambar ke peta.
3. Transformasi gambar ke peta terkadang disebut transformasi gambar ke dunia.

Mengapa?

4. Transformasi afin memungkinkan rotasi, translasi, kemiringan, dan penskalaan diferensial. Jelaskan masing-masing transformasi ini.
5. Secara operasional, transformasi afin melibatkan tiga langkah berurutan. Apa saja langkah-langkah tersebut?

6. Jelaskan peran titik kontrol dalam transformasi afin.
7. Bagaimana titik kontrol dipilih untuk transformasi peta ke peta?
8. Bagaimana titik kontrol tanah dipilih untuk transformasi gambar ke peta?
9. Tentukan kesalahan RMS dalam transformasi geometri.
10. Jelaskan peran kesalahan RMS dalam transformasi afin.
11. Jelaskan skenario di mana kesalahan RMS mungkin bukan merupakan indikator yang dapat diandalkan kebaikan transformasi peta-ke-peta.
12. Mengapa kita harus melakukan resampling nilai piksel setelah transformasi gambar ke peta?
13. Jelaskan tiga metode resampling umum untuk data raster.
14. Metode tetangga terdekat direkomendasikan untuk resampling data kategorikal. Mengapa?
15. Apa itu piramida?

## APLIKASI: TRANSFORMASI GEOMETRI



Bagian aplikasi ini membahas transformasi geometri atau georeferensi dalam tiga tugas. Tugas 1 membahas transformasi afin dari berkas pindaian. Pada Tugas 2, Anda akan menggunakan berkas pindaian yang telah ditransformasi untuk vektorisasi. Tugas 3 membahas transformasi afin dari citra satelit. Anda memerlukan lisensi tingkat Standar atau Lanjutan untuk Tugas 1 dan 3, serta ekstensi ArcScan untuk Tugas 2.

### Tugas 1 Georeferensi dan Memperbaiki Peta yang Dipindai

**Yang Anda butuhkan:** hoytmtn.tif, berkas TIFF berisi garis tanah yang dipindai.

Berkas hasil pemindaian dua tingkat hoytmtn.tif diukur dalam inci. Untuk tugas ini, Anda akan mengonversi citra hasil pemindaian menjadi koordinat UTM. Proses konversi ini melibatkan dua langkah dasar. Pertama, Anda akan melakukan georeferensi citra dengan menggunakan empat titik kontrol, yang juga disebut tic, yang bersesuaian dengan empat titik sudut pada peta tanah asli. Kedua, Anda akan mentransformasi citra dengan menggunakan hasil georeferensi. Keempat titik kontrol tersebut memiliki nilai bujur dan lintang berikut dalam derajat-menit-detik (DMS):

Tic-Id	Garis bujur	Lintang
1	-116 00 00	47 15 00
2	-115 52 30	47 15 00
3	-115 52 30	47 07 30
4	-116 00 00	47 07 30

Diproyeksikan ke sistem koordinat Zona 11N UTM NAD 1927, keempat titik kontrol ini memiliki koordinat x dan y berikut:

Tic-Id	X	Y
1	575672.2771	5233212.6163
2	585131.2232	5233341.4371
3	585331.3327	5219450.4360
4	575850.1480	5219321.5730

Sekarang Anda siap untuk melakukan georeferensi hoytmtn.tif.

1. Luncurkan ArcMap. Mulai Katalog di ArcMap, dan hubungkan ke database Bab 6. Ubah nama bingkai data Tugas 1. Tambahkan hoytmtn.tif ke Tugas 1. Abaikan pesan peringatan referensi spasial yang hilang. Klik menu Kustomisasi, arahkan ke Bilah Alat, dan centang Georeferensi. Toolbar Georeferencing sekarang akan muncul di ArcMap, dan daftar dropdown Layer akan mencantumkan hoytmtn.tif.
2. Perbesar hoytmtn.tif dan temukan empat titik kontrol. Titik kontrol ini ditampilkan dalam tanda kurung: dua di bagian atas dan dua di bagian bawah gambar. Titik-titik ini diberi nomor 1 hingga 4 searah jarum jam, dengan angka 1 di sudut kiri atas.
3. Perbesar ke titik kontrol pertama. Klik (Aktifkan) alat Tambahkan Titik Kontrol pada

Bilah alat Georeferensi. Klik titik perpotongan di mana garis tengah tanda kurung bertemu, lalu klik lagi. Simbol tanda tambah pada titik kontrol akan berubah dari hijau menjadi merah. Gunakan prosedur yang sama untuk menambahkan tiga titik kontrol lainnya.

4. Langkah ini untuk memperbarui nilai koordinat dari empat titik kontrol. Klik alat View Link Table pada bilah alat Georeferencing. Tabel tautan mencantumkan empat titik kontrol dengan nilai X Source, Y Source, X Map, Y Map, dan Residual. Nilai X Source dan Y Source adalah koordinat pada gambar yang dipindai. Nilai X Map dan Y Map adalah koordinat UTM yang akan dimasukkan. Tabel tautan menawarkan Auto Adjust, metode Transformation, dan Total RMS Error. Perhatikan bahwa metode transformasinya adalah 1st Order Polynomial (yaitu, transformasi affine). Klik rekaman pertama, dan masukkan 575672.2771 dan 5233212.6163 untuk nilai X Map dan Y Map-nya, masing-masing. Masukkan nilai X Map dan Y Map untuk tiga rekaman lainnya.

**Q1.** Berapa total kesalahan RMS pada percobaan pertama Anda?

**Q2.** Berapa sisa untuk rekaman pertama?

5. Total kesalahan RMS harus lebih kecil dari 4,0 (meter) jika titik kontrol digital sesuai dengan lokasinya pada citra. Jika kesalahan RMS tinggi, sorot rekaman dengan nilai residu tinggi dan hapus. Kembali ke citra dan masukkan kembali titik kontrol.

Setelah Anda mencapai total kesalahan RMS yang dapat diterima, klik tombol Simpan dan simpan tabel tautan sebagai Tugas 1. Tutup tabel. Tabel tautan Tugas 1 dapat dimuat ulang jika perlu.

6. Langkah ini untuk memperbaiki (transformasi) hoytmtn.tif. Pilih Rectify dari menu tarik-turun Georeferencing. Gunakan nilai default pada dialog berikutnya, tetapi simpan berkas TIFF yang telah diperbaiki sebagai rect\_hoytmtn.tif di basis data Bab 6.

## Tugas 2 Vektorisasi Garis Raster

**Yang Anda perlukan:** rect\_hoytmtn.tif, file TIFF yang diperbaiki dari Tugas 1.

Anda perlu menggunakan ArcScan, ekstensi ArcGIS, untuk Tugas 2. Pertama, pilih Ekstensi dari menu Kustomisasi dan centang kotak untuk ArcScan.

Kemudian, ikuti Toolbar di menu Kustomisasi dan centang ArcScan. ArcScan dapat mengonversi garis raster dalam raster dua tingkat seperti rect\_hoytmtn.tif menjadi fitur garis atau poligon. Keluaran dari vektorisasi dapat disimpan ke dalam shapefile atau kelas fitur geodatabase. Oleh karena itu, Tugas 2 merupakan latihan untuk membuat data spasial baru dari berkas yang dipindai. Pemindaian, vektorisasi, dan parameter vektorisasi merupakan topik yang telah dibahas di Bab 5.

Vektorisasi garis raster dapat menjadi tantangan jika gambar pindaian mengandung garis raster yang tidak beraturan, garis raster dengan celah, atau noda. Gambar pindaian berkualitas buruk biasanya mencerminkan kualitas peta asli yang buruk dan, dalam beberapa kasus, penggunaan nilai parameter yang salah untuk pemindaian. Gambar pindaian yang akan Anda gunakan untuk tugas ini memiliki kualitas yang sangat baik. Oleh karena itu, hasil dari vektorisasi batch juga harus sangat baik.

1. Masukkan bingkai data baru di ArcMap dan Beri nama Tugas 2. Langkah ini akan membuat shape-file baru yang akan menyimpan fitur-fitur vektor dari rect\_hoytmtn.tif. Klik Katalog pada bilah alat ArcMap untuk membukanya. Klik kanan folder Bab 6 di pohon Katalog, arahkan ke Baru, dan pilih Shapefile. Pada dialog Buat Shapefile Baru, masukkan hoytmtn\_trace.shp untuk nama dan polyline untuk jenis fitur. Klik tombol Edit pada bingkai Referensi Spasial.

Pilih Sistem Koordinat yang Diproyeksikan, UTM, NAD 1927, dan NAD 1927 UTM Zona 11N untuk sistem koordinat shapefile baru.

Klik OK untuk keluar dari dialog.  
hoytmtn\_trace ditambahkan ke Tugas 2.

- 2.Tambahkan rect\_hoytmtn.tif ke Tugas 2. Abaikan pesan peringatan. Ubah simbol baris hoytmtn\_Lacak ke hitam. Pilih Properti dari menu konteks rect\_hoytmtn.tif. Pada tab Simbologi, pilih Nilai Unik, pilih untuk membuat tabel atribut, lalu ubah simbol untuk nilai 0 menjadi merah dan simbol untuk nilai 1 menjadi tanpa warna. Tutup dialog Properti Lapisan.

Klik kanan rect\_hoytmtn.tif dan pilih Zoom ke Layer. Karena garis raster pada rect\_hoytmtn.tif

**130      BAB 6 Transformasi Geometri**

Sangat tipis, Anda tidak akan melihatnya pada awalnya di monitor. Perbesar dan Anda akan melihat garis-garis merah.

**3. Klik Editor Toolbar di ArcMap untuk membukanya.**

Pilih Mulai Pengeditan dari menu tarik-turun Editor. Mode edit akan mengaktifkan bilah alat Arc-Scan. Daftar Lapisan Raster ArcScan akan menampilkan rect\_hoytmtn.tif.

**4. Langkah ini untuk mengatur parameter vektorisasi, yang penting untuk vektorisasi batch. Pilih Pengaturan Vektorisasi dari menu Vektorisasi. Ada dua opsi untuk menentukan parameter. Salah satu opsi adalah memasukkan nilai parameter dalam dialog pengaturan, termasuk solusi interseksi, lebar garis maksimum, tingkat derau, toleransi kompresi, bobot penghalusan, toleransi penutupan celah, sudut kipas, dan lubang. Opsi lainnya, yang digunakan di sini, adalah memilih gaya dengan nilai yang telah ditentukan sebelumnya. Klik Gaya. Pilih Poligon dan klik OK di dialog berikutnya. Klik Terapkan lalu Tutup untuk menutup dialog Pengaturan Vektorisasi.**

**5. Pilih Hasilkan Fitur dari menu Vektorisasi. Pastikan hoytmtn\_trace adalah layer yang akan ditambahkan garis tengahnya. Perhatikan bahwa petunjuk pada dialog menyatakan bahwa perintah akan menghasilkan fitur dari seluruh area raster. Klik OK. Hasil vektorisasi batch sekarang disimpan di hoytmtn\_trace.**

Anda dapat menonaktifkan rect\_hoytmtn.tif di daftar isi sehingga Anda dapat melihat baris dalam hoytmtn\_trace.

**Q3. Perintah Generate Features menambahkan garis tengah ke hoytmtn\_trace. Mengapa garis-garis tersebut disebut garis tengah?**

**Q4. Apa saja pilihan vektorisasi lain selain vektorisasi batch?**

**6. Pojok kiri bawah rect\_hoytmtn.tif berisi catatan tentang survei tanah, yang harus dihapus. Klik alat Pilih Fitur di ArcMap, pilih catatan tersebut, lalu hapus.**

**7. Pilih Hentikan Pengeditan dari menu Editor dan simpan hasil suntingan. Periksa kualitas garis tanah yang dilacak di hoytmtn\_trace. Karena**

Jika gambar yang dipindai memiliki kualitas yang sangat baik, garis-garis tanahnya pun harus memiliki kualitas yang sangat baik.

**Tugas 3 Melakukan Image-to-Map Transformasi**

**Yang Anda butuhkan:** spot-pan.bil, citra satelit pan-kromatik SPOT 10 meter; road.shp, shapefile jalan yang diperoleh dengan penerima GPS dan diproyeksikan ke koordinat UTM.

Anda akan melakukan transformasi gambar ke peta di Tugas 3. ArcMap menyediakan bilah alat Georeferensi yang memiliki alat dasar untuk melakukan georeferensi dan memperbaiki citra satelit.

**1. Masukkan bingkai data baru di ArcMap dan**

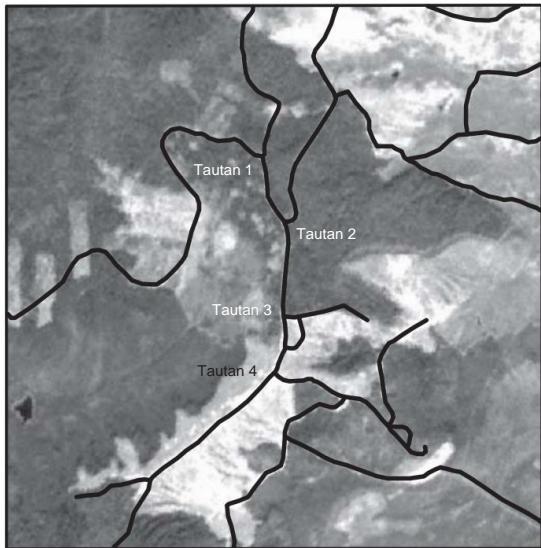
Beri nama bingkai data Tugas 3. Tambahkan spot-pan.bil dan road.shp ke Tugas 3. Klik simbol jalan, lalu ubah menjadi oranye. Pastikan bilah alat Georeferensi tersedia dan Layer pada bilah alat menampilkan spot-pan .bil. Klik Lihat Tabel Tautan pada bilah alat Georeferensi, lalu hapus semua tautan di dalam tabel.

**2. Anda dapat menggunakan alat Zoom ke Lapisan di**

Menu konteks untuk melihat jalan, atau spot-pan.bil, tetapi tidak keduanya. Hal ini karena keduanya berada pada koordinat yang berbeda. Untuk melihat keduanya, Anda harus memiliki satu atau beberapa tautan ke georeferensi awal spot-pan.bil. Gambar 6.8 menandai empat tautan pertama yang direkomendasikan. Semuanya berada di persimpangan jalan. Periksa persimpangan jalan ini di spot-pan.bil dan jalan agar Anda tahu di mana letaknya.

**3. Pastikan Penyesuaian Otomatis di menu tarik-turun**

Georeferensi dicentang. Sekarang Anda siap menambahkan tautan. Jika Tugas 3 menampilkan jalan, Klik kanan spot-pan.bil dan pilih Zoom ke Layer. Perbesar ke persimpangan jalan pertama pada citra, klik Tambahan Titik Kontrol pada bilah alat Georeferensi, dan klik titik persimpangan tersebut. Klik kanan jalan dan pilih Zoom ke Layer. Perbesar ke persimpangan jalan pertama yang sesuai pada layer, klik alat Tambahkan Titik Kontrol, dan klik titik persimpangan tersebut. Tautan pertama menampilkan citra satelit dan jalan, tetapi keduanya masih



**Gambar 6.8**

Empat tautan harus dibuat terlebih dahulu.

berjauhan secara spasial. Ulangi prosedur yang sama untuk menambahkan tiga tautan lainnya. Setiap kali Anda menambahkan tautan, perintah Penyesuaian Otomatis menggunakan tautan yang tersedia untuk mengembangkan transformasi. Abaikan peringatan tentang titik kontrol kolinear saat menambahkan tautan.

- Klik Lihat Tabel Tautan pada bilah alat Georeferensi. Tabel Tautan menampilkan empat rekaman, satu untuk setiap tautan yang telah Anda tambahkan di Langkah 3. Nilai X Source dan Y Source didasarkan pada koordinat citra spot-pan .bil. Citra tersebut memiliki 1087 kolom dan 1760 baris. Nilai X Source berkaitan dengan kolom dan nilai Y Source berkaitan dengan baris. Karena titik asal koordinat citra berada di pojok kiri atas, nilai Y Source bernilai negatif. Nilai X Map dan Y Map didasarkan pada koordinat UTM jalan. Nilai Residual menunjukkan kesalahan RMS titik kontrol. Dialog Link Table juga menampilkan metode transformasi (yaitu, transformasi afin) dan kesalahan RMS total. Anda dapat menyimpan link table sebagai berkas teks.

kapan saja, dan Anda dapat memuat berkas tersebut di lain waktu untuk melanjutkan proses georeferensi.

- Berapa total kesalahan RMS dari keempat tautan awal?
- Transformasi citra ke peta biasanya membutuhkan lebih dari empat titik kontrol. Titik kontrol tersebut harus mencakup seluruh area studi, bukan hanya sebagian saja. Untuk tugas ini, usahakan memiliki total 10 tautan dan pertahankan total kesalahan RMS kurang dari satu piksel atau 10 meter. Jika tautan memiliki nilai residi yang besar, hapus tautan tersebut dan tambahkan tautan baru. Setiap kali Anda menambahkan atau menghapus tautan, Anda akan melihat perubahan pada total kesalahan RMS. Simpan tabel tautan yang dapat diterima sebagai Tugas 3.
- Langkah ini untuk memperbaiki spot-pan.bil menggunakan Task3 yang telah Anda buat. Pilih "Rectify" dari menu "Georeferencing". Dialog berikutnya memungkinkan Anda menentukan ukuran sel, memilih metode resampling (tetangga terdekat, interpolasi bilinear, atau konvolusi kubik), dan menentukan nama keluaran. Untuk tugas ini, Anda dapat menentukan 10 (meter) untuk ukuran sel, tetangga terdekat untuk metode resampling, TIFF untuk format, dan rect\_spot.tif untuk keluaran. Klik "Simpan" untuk menutup dialog.
- Sekarang Anda dapat menambahkan dan melihat rect\_spot, raster yang direferensikan secara geografis dan diperbaiki, dengan kumpulan data yang direferensikan secara geografis lainnya untuk area studi. Untuk menghapus titik kontrol dari rect\_spot, pilih Hapus Tautan dari Georeferensi menu.
- Jika Anda kesulitan mendapatkan tautan yang cukup dan kesalahan RMS yang dapat diterima, pertama-tama pilih Hapus Titik Kontrol dari bilah alat Georeferensi. Klik Lihat Tabel Tautan, lalu muat georef.txt dari basis data Bab 6. georef. File txt memiliki 10 tautan dan total kesalahan RMS sebesar 9,2 meter. Kemudian, gunakan tabel tautan untuk memperbaiki spot-pan.bil.
- rect\_spot harus memiliki nilai dalam rentang 16 hingga 100. Jika Anda mendapatkan rentang nilai yang berbeda (misalnya, 0 hingga 255), jalankan kembali Rectify di Langkah 6.

**Tugas Tantangan**

**Yang Anda butuhkan:** cedarbt.tif.

Basis data Bab 6 berisi cedarbt.tif,

Berkas peta tanah hasil pemindaian dua tingkat. Pertanyaan tantangan ini meminta Anda untuk melakukan dua operasi. Pertama, konversi berkas pindaian ke koordinat UTM (NAD 1927 UTM Zone 12N) dan simpan hasilnya ke rec\_cedarbt.tif. Kedua, vektorkan garis raster di rec\_cedarbt.tif dan simpan hasilnya ke cedarbt\_trace.shp. Ada empat tic pada cedarbt.tif.

Diberi nomor searah jarum jam dari sudut kiri atas, keempat tanda centang ini memiliki koordinat UTM berikut:

Tic-Id	X	Y
1	389988.78125	4886459.5
2	399989.875	4886299.5
3	399779.1875	4872416.0
4	389757.03125	4872575.5

**Q1.** Berapa total kesalahan RMS untuk affine transformasi?

**Q2.** Masalah apa, jika ada, yang Anda temui saat melakukan vektorisasi rec\_cedarbt.tif?

**REFERENSI**

- Bolstad, PV, P. Gessler, dan TM Lillesand. 1990. Ketidakpastian Posisi Kontinuitas dalam Data Peta yang Didigitalisasi Secara Manual. *Jurnal Internasional Sistem Informasi Geografis* 4:399–412.
- Chen, L., C.Lo, dan J.Rau. 2003. Pembuatan Ortofoto Digital dari Citra Satelit Ikonos. *Jurnal Teknik Survei* 129:73–78.
- Jensen, JR 1996. Pengolahan Citra Digital Pengantar: Perspektif Penginderaan Jauh, edisi ke-2. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Lillesand, TM, RW Kiefer, dan JW Chipman. 2007. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra, edisi ke-6. New York: Wiley.
- Loudon, TV, JF Wheeler, dan KP Andrew. 1980. Transplantasi Afin Formasi untuk Data Spasial Digital dalam Geologi. Komputer & Geosains 6:397–412.
- Moffitt, FH, dan EM Mikhail. 1980. Fotogrametri, edisi ke-3. New York: Harper & Row.
- Pettofrezzo, AJ 1978. Matriks dan Transformasi. New York: Dover Publications.
- Richards, JA, dan X. Jia. 1999. Analisis Citra Digital Penginderaan Jauh: Sebuah Pengantar, edisi ke-3. Berlin: Springer-Verlag.
- Saalfeld, A. 1988. Konflasi Kompliasi Peta Otomatis. *Jurnal Internasional Sistem Informasi Geografis* 2:217–28.
- Taylor, PJ 1977. Metode Kuantitatif dalam Geografi: Pengantar Analisis Spasial. Boston: Houghton Mifflin.
- Verbyla, DL, dan Chang, K. 1997. Pengolahan Gambar Digital dalam GIS. Santa Fe, NM: OnWord Press.



# 7

# AKURASI DATA SPASIAL DAN KUALITAS

## GARIS BESAR BAB

7.1 Kesalahan Lokasi

7.2 Standar Akurasi Data Spasial

7.3 Kesalahan Topologi

7.4 Pengeditan Topologi

7.5 Pengeditan Nontopologi

7.6 Operasi Pengeditan Lainnya

Persyaratan dasar untuk aplikasi sistem informasi geografis (SIG) adalah data spasial yang akurat dan berkualitas baik. Untuk memenuhi persyaratan tersebut, kami mengandalkan penyuntingan data spasial. Lapisan yang baru didigitalisasi, terlepas dari metode yang digunakan dan seberapa cermat persiapannya, diperkirakan akan memiliki beberapa kesalahan digitalisasi, yang menjadi target penyuntingan. Lapisan yang ada mungkin sudah usang. Lapisan tersebut dapat direvisi dengan menggunakan foto udara atau citra satelit yang telah diperbaiki sebagai referensi. Seiring dengan semakin umum digunakannya SIG seluler (Bab 1), data yang dikumpulkan di lapangan juga dapat diunduh untuk memperbarui basis data yang ada. Pengeditan web dalam SIG seluler memungkinkan pengguna untuk melakukan tugas-tugas penyuntingan sederhana seperti menambah, menghapus, dan memodifikasi fitur ~~data spasial~~.

Operasinya, baik daring maupun luring, pada dasarnya sama.

Karena model data raster menggunakan grid reguler dan sel tetap, pengeditan data spasial tidak berlaku untuk data raster. Di sisi lain, data vektor dapat memiliki kesalahan lokasi dan kesalahan topologi. Kesalahan lokasi seperti poligon yang hilang atau garis yang terdistorsi berkaitan dengan ketidakakuratan geometrik fitur spasial, sedangkan kesalahan topologi seperti garis yang menggantung dan poligon yang tidak tertutup berkaitan dengan ketidakkonsistenan logis antar fitur spasial. Untuk mengoreksi kesalahan lokasi, kita seringkali harus membentuk ulang garis-garis individual dan mendigitalkan garis-garis baru. Untuk mengoreksi kesalahan topologi, pertama-tama kita harus mempelajari topologi yang diperlukan untuk ~~data spasial~~.

untuk membantu kami melakukan koreksi. Shapefile dan berkas CAD (Bab 3) bersifat nontopologi; oleh karena itu, sebagai aturan umum, kesalahan topologi dapat terjadi pada shapefile, berkas CAD, dan produk turunannya.

Memperbaiki kesalahan digitalisasi dapat melampaui lapisan individual. Ketika suatu area studi mencakup dua atau lebih lapisan sumber, kita harus mencocokkan fitur-fitur di seluruh lapisan. Ketika dua lapisan memiliki beberapa batas yang sama, kita harus memastikan bahwa batas-batas ini berhimpitan; jika tidak, hal ini akan menimbulkan masalah ketika kedua lapisan tersebut ditumpangkan untuk analisis data. Pengeditan data spasial juga dapat dilakukan melalui generalisasi dan penghalusan fitur peta.

Model data berbasis objek seperti geodatabase telah meningkatkan jenis hubungan topologi yang dapat dibangun antar fitur spasial (Bab 3). Akibatnya, cakupan penyuntingan data spasial juga telah meluas. Penyuntingan data spasial bisa menjadi proses yang membosankan, yang membutuhkan kesabaran dari pengguna.

Bab 7 dibagi menjadi enam bagian berikut. Bagian 7.1 menjelaskan kesalahan lokasi dan penyebabnya. Bagian 7.2 membahas standar akurasi data spasial di Amerika Serikat, yang berkaitan dengan kesalahan lokasi. Bagian 7.3 mengkaji kesalahan topologi dengan fitur sederhana, dan antar lapisan. Bagian 7.4 memperkenalkan penyuntingan topologi. Bagian 7.5 membahas penyuntingan nontopologi atau dasar. Bagian 7.6 mencakup pencocokan tepi, generalisasi garis, dan penghalusan garis.

## 7.1 KESALAHAN LOKASI

**Kesalahan lokasi** merujuk pada ketidakakuratan geometris fitur digital, yang dapat bervariasi berdasarkan sumber data yang digunakan untuk digitalisasi.

### 7.1.1 Kesalahan Lokasi

#### Menggunakan Sumber Data Sekunder

Jika sumber data untuk digitalisasi adalah sumber data sekunder seperti peta kertas, evaluasi kesalahan lokasi biasanya dimulai dengan membandingkan peta digital dengan peta sumber. Tujuan utama digitalisasi adalah untuk menduplikasi peta sumber dalam format digital. Untuk menentukan seberapa baik tujuan tersebut telah tercapai,

Setelah tercapai, kita dapat memetakan peta digital pada lembar transparan dan pada skala yang sama dengan peta sumber, menumpuk pemetaan tersebut pada peta sumber, dan melihat seberapa cocoknya serta apakah ada garis yang hilang.

Seberapa baik kesesuaian peta digital dengan peta sumber? Tidak ada standar federal mengenai nilai ambang batas. Produsen data geospasial dapat menentukan toleransi kesalahan lokasi. Misalnya, suatu lembaga dapat menetapkan bahwa setiap garis digital harus berada dalam lebar garis 0,01 inci (0,254 milimeter) dari peta sumber. Pada skala 1:24.000, toleransi ini mewakili 20 kaki (6 hingga 7 meter) di permukaan tanah.

Fitur spasial yang didigitalkan dari peta sumber hanya dapat seakurat peta sumber itu sendiri. Berbagai faktor dapat memengaruhi keakuratan peta sumber. Mungkin faktor terpenting adalah skala peta. Keakuratan fitur peta kurang dapat diandalkan pada peta skala 1:100.000 dibandingkan pada peta skala 1:24.000. Skala peta juga memengaruhi tingkat detail pada peta yang dipublikasikan. Semakin kecil skala peta, jumlah detail peta berkurang dan tingkat generalisasi garis meningkat (Monmonier 1996). Akibatnya, aliran sungai yang berkelok-kelok pada peta skala besar menjadi kurang berkelok-kelok pada peta skala kecil.

### 7.1.2 Penyebab Kesalahan Digitalisasi

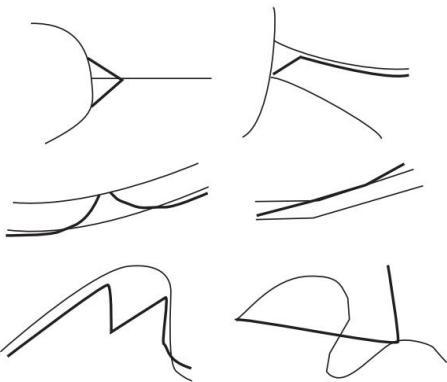
Perbedaan antara garis digital dan garis pada peta sumber dapat disebabkan oleh tiga skenario umum.

Yang pertama adalah kesalahan manusia dalam digitalisasi manual. Kesalahan manusia tidak sulit dipahami: ketika peta sumber memiliki ratusan poligon dan ribuan garis, seseorang dapat dengan mudah melewatkannya beberapa garis, menghubungkan titik yang salah, atau mendigitalkan garis yang sama dua kali atau bahkan lebih. Karena resolusi tabel digitalisasi yang tinggi, garis duplikat tidak akan berada di atas satu sama lain tetapi akan berpotongan membentuk serangkaian poligon kecil.

Skenario kedua terdiri dari kesalahan dalam pemindai dan penelusuran. Algoritma penelusuran biasanya bermasalah ketika garis raster bertemu atau berpotongan, terlalu berdekatan, terlalu lebar, atau terlalu tipis dan terputus-putus (Bab 5).

Kesalahan digitalisasi dari penelusuran meliputi garis yang runtuh, garis yang tidak berbentuk, dan garis tambahan (Gambar 7.1).

Garis duplikat juga dapat terjadi dalam

**Gambar 7.1**

Jenis-jenis kesalahan digitalisasi umum dari penelusuran. Garis tipis adalah garis pada peta sumber, dan garis tebal adalah garis dari penelusuran.

penelusuran karena penelusuran semi-otomatis mengikuti garis-garis berkesinambungan meskipun beberapa garis telah dilacak.

Skenario ketiga terdiri dari kesalahan dalam mengonversi peta digital menjadi koordinat dunia nyata (Bab 6). Untuk membuat plot pada skala yang sama dengan peta sumber, kita harus menggunakan serangkaian titik kontrol untuk mengonversi peta yang baru didigitalkan menjadi koordinat dunia nyata. Dengan titik kontrol yang salah, konversi ini dapat menyebabkan perbedaan antara garis digital dan garis sumber. Tidak seperti kesalahan yang tampak acak dari dua skenario pertama, perbedaan dari transformasi geometrik seringkali menunjukkan pola yang teratur. Untuk mengoreksi jenis kesalahan lokasi ini, kita harus mendigitalkan ulang titik kontrol dan menjalankan kembali transformasi geometrik.

### 7.1.3 Kesalahan Lokasi

#### Menggunakan Sumber Data Primer

Meskipun peta kertas masih menjadi sumber penting untuk entri data spasial, penggunaan sumber data primer seperti sistem penentuan posisi global (GPS) dan citra penginderaan jauh dapat mengabaikan peta cetak dan praktik generalisasi peta. Resolusi alat ukur menentukan akurasi data spasial yang dikumpulkan oleh GPS atau citra satelit;

Skala peta tidak berpengaruh dalam kasus ini. Resolusi spasial citra satelit dapat berkisar antara kurang dari 1 meter hingga 1 kilometer. Akurasi data titik GPS dapat berkisar antara beberapa milimeter hingga 10 meter.

## 7.2 STANDAR AKURASI DATA SPASIAL

Pembahasan tentang kesalahan lokasi tentu mengarah pada topik standar akurasi data spasial, yang didasarkan pada perbandingan antara lokasi fitur yang tercatat dan lokasinya di lapangan atau sumber data dengan akurasi yang lebih tinggi. Sebagai pengguna data spasial, kita biasanya tidak melakukan pengujian kesalahan lokasi, tetapi mengandalkan standar yang dipublikasikan dalam mengevaluasi akurasi data. Standar akurasi data spasial telah berkembang seiring dengan perubahan peta dari format cetak ke format digital.

Di Amerika Serikat, pengembangan standar akurasi data spasial telah melalui tiga fase. Direvisi dan diadopsi pada tahun 1947, Standar Akurasi Peta Nasional AS (NMAS) menetapkan standar akurasi untuk peta yang dipublikasikan seperti peta topografi dari Survei Geologi AS (USGS) (Biro Anggaran AS 1947). Standar akurasi horizontal mensyaratkan bahwa tidak lebih dari 10 persen titik peta yang terdefinisi dengan baik yang diuji harus lebih dari 1/30 inci (0,085 sentimeter) pada skala yang lebih besar dari 1:20.000, dan 1/50 inci (0,051 sentimeter) pada skala 1:20.000 atau lebih kecil.

Ini berarti nilai ambang batas 40 kaki (12,2 meter) di permukaan tanah untuk peta skala 1:24.000 dan sekitar 167 kaki (50,9 meter) di permukaan tanah untuk peta skala 1:100.000. Namun, keterkaitan langsung nilai ambang batas dengan skala peta dapat menjadi masalah di era digital karena data spasial digital dapat dengan mudah dimanipulasi dan dikeluarkan ke skala apa pun.

Pada tahun 1990, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) menerbitkan standar akurasi untuk peta skala besar (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing 1990). ASPRS mendefinisikan akurasi horizontal dalam bentuk kesalahan akar kuadrat rata-rata (RMS), alih-alih nilai ambang batas yang tetap. Kesalahan RMS

mengukur deviasi antara nilai koordinat pada peta dan nilai koordinat dari sumber independen dengan akurasi lebih tinggi untuk titik-titik yang identik. Contoh sumber data dengan akurasi lebih tinggi dapat mencakup data peta digital atau cetak, GPS, atau data survei.

Standar ASPRS menetapkan ambang batas RMS kesalahan 16,7 kaki (5,09 meter) untuk peta skala 1:20.000 dan 2 kaki (0,61 meter) untuk peta skala 1:2400.

Pada tahun 1998, Komite Data Geografis Federal (FGDC) menetapkan Standar Nasional untuk Akurasi Data Spasial (NSSDA) untuk menggantikan NMAS. NSSDA mengikuti standar akurasi ASPRS tetapi diperluas hingga skala peta yang lebih kecil dari 1:20.000 (Komite Data Geografis Federal 1998) (Kotak 7.1). NSSDA berbeda dari standar akurasi NMAS atau ASPRS karena NSSDA tidak mencantumkan nilai ambang batas akurasi yang harus dicapai oleh data spasial, termasuk peta kertas dan data digital. Sebagai gantinya, lembaga didorong untuk menetapkan ambang batas akurasi untuk produk mereka dan melaporkan statistik NSSDA, sebuah statistik yang didasarkan pada kesalahan RMS.

Akurasi data tidak boleh disamakan dengan presisi data. Akurasi data spasial mengukur seberapa dekat lokasi terekam suatu fitur spasial dengan lokasi dasarnya, sedangkan **presisi data** mengukur seberapa tepat lokasi terekam.

Jarak dapat diukur dengan angka desimal atau dibulatkan ke meter atau kaki terdekat. Demikian pula, angka dapat disimpan di komputer sebagai bilangan bulat atau bilangan floating-point. Lebih lanjut, bilangan floating-point dapat memiliki presisi tunggal atau ganda. Jumlah digit yang digunakan dalam perekaman data menunjukkan presisi lokasi yang direkam.

## 7.3 KESALAHAN TOPOLOGI

**Kesalahan topologi** melanggar hubungan topologi yang diperlukan oleh model data atau Cakupan yang dikembangkan oleh Esri ini menggabungkan hubungan topologi koneksi, definisi area, dan kontiguitas.

(Bab 3). Jika fitur digital tidak mengikuti hubungan ini, maka akan terjadi kesalahan topologi. Geodatabase, juga dari Esri, memiliki lebih banyak lebih dari 30 aturan topologi yang mengatur hubungan spasial fitur titik, garis, dan poligon

(Bab 3). Beberapa aturan ini berkaitan dengan fitur dalam satu kelas fitur, sementara yang lain berkaitan dengan dua atau lebih kelas fitur yang berpartisipasi. Dengan menggunakan geodatabase, kita dapat memilih hubungan topologi yang akan diimplementasikan dalam set data dan menentukan jenisnya. kesalahan topologi yang perlu diperbaiki.



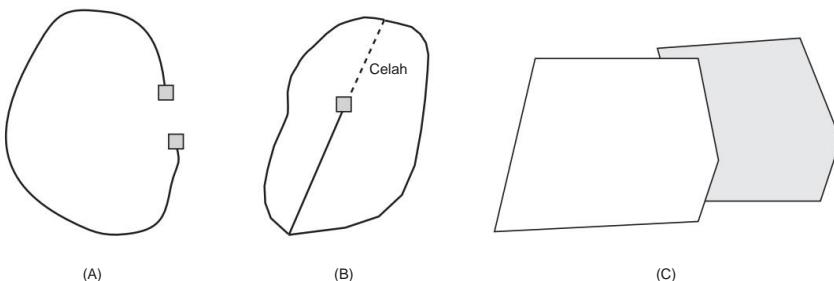
Ke menggunakan standar ASPRS atau standar NSSDA tistik, pertama-tama kita harus menghitung kesalahan RMS, yang didefinisikan oleh

$$\sqrt{\sum \left[ (x_{\text{data},i} - x_{\text{check},i})^2 + (y_{\text{data},i} - y_{\text{check},i})^2 \right] / n}$$

dimana  $x_{\text{data},i}$  dan  $y_{\text{data},i}$  adalah koordinat titik pemeriksaan ke  $i$  dalam set data;  $x_{\text{check},i}$  dan  $y_{\text{check},i}$  adalah koordinat titik pemeriksaan ke  $i$  pada sumber independen dengan akurasi lebih tinggi;  $n$  adalah jumlah titik pemeriksaan

titik yang diuji; dan  $i$  adalah bilangan bulat mulai dari 1 hingga  $n$ . NSSDA menyarankan minimal 20 titik pemeriksaan untuk diuji. Setelah RMS dihitung, hasilnya dikalikan dengan 1,7308, yang merupakan galat baku rata-rata pada tingkat keyakinan 95 persen.

Produknya adalah statistik NSSDA. Misalnya, kesalahan RMS yang disarankan oleh NSSDA untuk skala 1:12.000 adalah 21,97 kaki atau 6,695 meter, yang berarti kesalahan horizontal pada tingkat keyakinan 95 persen adalah 38,02 kaki atau 11,588 meter.

**Gambar 7.2**

(a) Poligon tak tertutup, (b) celah antara dua poligon, dan (c) poligon tumpang tindih.

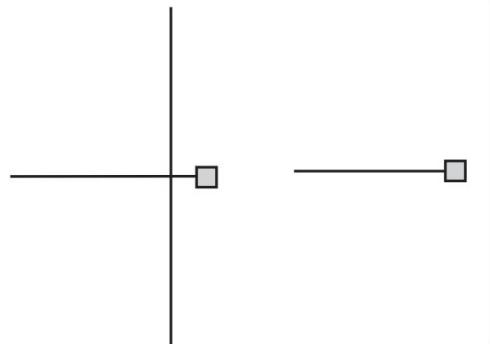
### 7.3.1 Kesalahan Topologi dengan Fitur Spasial

Kesalahan topologi pada fitur spasial dapat diklasifikasikan berdasarkan poligon, garis, dan titik, yang sesuai dengan primitif topologi muka, busur, dan simpul (Bab 3). Poligon terdiri dari batas tertutup. Jika batasnya tidak didigitalisasi dengan benar, fitur poligon dapat tumpang tindih, memiliki celah di antara keduanya, atau memiliki batas yang tidak tertutup (Gambar 7.2).

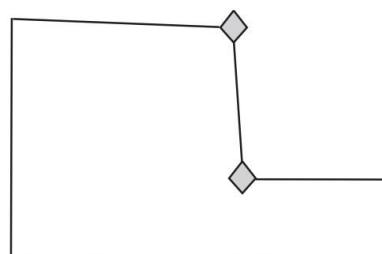
Poligon yang tumpang tindih juga dapat disebabkan oleh poligon yang memiliki batas duplikat (misalnya, poligon yang sama didigitalalkan lebih dari satu kali).

Sebuah garis memiliki titik awal dan titik akhir. Kesalahan topologi umum pada fitur garis adalah simpul menggantung dan simpul semu. **Simpul menggantung** terjadi ketika fitur garis tidak bertemu sempurna di titik akhir. Jenis kesalahan ini menjadi undershoot jika terdapat celah di antara garis dan overshoot jika garis terlalu panjang (Gambar 7.3). Namun, simpul menggantung dapat diterima dalam kasus-kasus khusus seperti yang terhubung dengan jalan buntu dan anak sungai kecil. **Simpul semu** membagi fitur garis menjadi beberapa bagian yang terpisah secara tidak perlu (Gambar 7.4).

Meskipun demikian, beberapa pseudo node masih dapat diterima. Contohnya termasuk penyisipan pseudo-simpul pada titik-titik di mana nilai atribut fitur garis berubah. Serupa dengan batas poligon, fitur garis tidak boleh memiliki garis yang tumpang tindih atau duplikat. Arah garis juga dapat menjadi kesalahan topologi. Misalnya, sebuah proyek analisis hidrologi mungkin menetapkan bahwa semua aliran dalam basis data harus mengikuti arah hilir dan titik awal (simpul asal) aliran

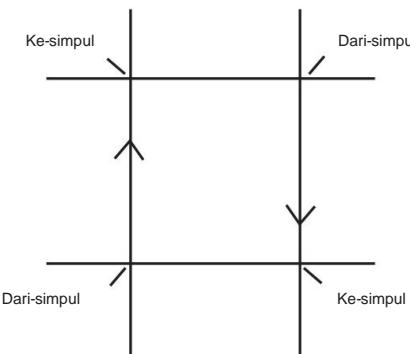
**Gambar 7.3**

Overshoot (kiri) dan undershoot (kanan). Kedua jenis kesalahan ini mengakibatkan simpul yang menggantung.

**Gambar 7.4**

Simpul semu, ditunjukkan dengan simbol berlian, adalah simpul yang tidak terletak di perpotongan garis.

harus berada pada elevasi yang lebih tinggi daripada titik akhir (simpul tujuan). Demikian pula, proyek simulasi lalu lintas mungkin mengharuskan semua jalan satu arah didefinisikan dengan jelas (Gambar 7.5).

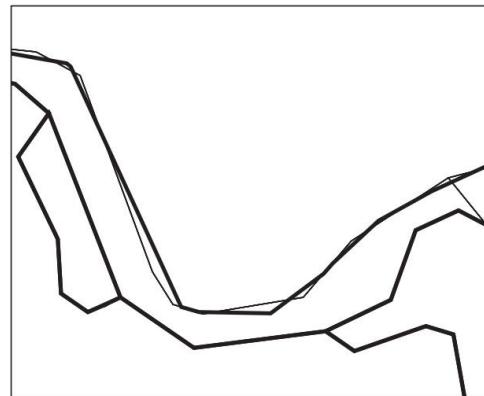
**Gambar 7.5**

Titik asal dan titik tujuan suatu busur menentukan arah busur tersebut.

### 7.3.2 Kesalahan Topologi antar Lapisan

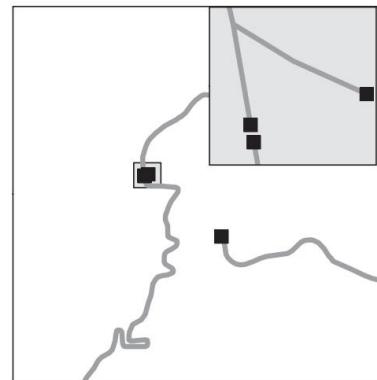
Kesalahan topologi antar lapisan harus diperiksa karena banyak operasi dalam SIG memerlukan penggunaan dua lapisan atau lebih. Jika kesalahan ini tidak terdeteksi dan diperbaiki, hal ini berpotensi menimbulkan masalah dalam integrasi atau kompilasi peta (van Oosterom dan Lemmen 2001; Hope dan Kealy 2008). Sebagai contoh, ketika menghitung jumlah toko swalayan (dalam lapisan titik) per blok kota (dalam lapisan poligon), pertama-tama kita harus memastikan bahwa setiap toko swalayan berada di dalam blok kota yang tepat. Contoh ini juga menggambarkan bahwa lapisan yang terlibat dalam kesalahan topologi dapat memiliki tipe fitur yang sama (misalnya, poligon) atau tipe fitur yang berbeda (misalnya, titik dan poligon).

Kesalahan umum antara dua lapisan poligon adalah batas garis luarnya tidak berhimpit (Gambar 7.6). Misalkan sebuah proyek SIG menggunakan lapisan tanah dan lapisan tata guna lahan untuk analisis data. Jika didigitalisasi secara terpisah, kedua lapisan tersebut tidak memiliki batas yang berhimpit. Jika kedua lapisan ini kemudian ditumpangtindihkan (overlay), perbedaan antara batas-batasnya menjadi poligon kecil, yang tidak memiliki atribut tanah maupun tata guna lahan. Masalah serupa dapat terjadi dengan batas-batas poligon individual. Misalnya, wilayah sensus seharusnya bersarang di dalam kabupaten dan subdaerah aliran sungai di dalam daerah aliran sungai. Kesalahan terjadi ketika poligon yang lebih besar (misalnya, kabupaten) tidak berbagi batas dengan poligon yang lebih kecil (misalnya, wilayah sensus) yang membentuk poligon yang lebih besar.

**Gambar 7.6**

Batas garis besar dua lapisan, satu ditunjukkan pada garis yang lebih tebal dan lainnya pada garis yang lebih tipis, tidak berimpit di bagian atas.

Salah satu jenis kesalahan dengan dua lapisan garis dapat terjadi ketika garis dari satu lapisan tidak terhubung dengan garis dari lapisan lain di titik akhir (Gambar 7.7). Misalnya, ketika kita menggabungkan dua lapisan jalan raya dari

**Gambar 7.7**

Kotak hitam pada gambar menunjukkan kesalahan simpul. Terdapat beberapa kotak hitam di area yang diarsir. Ketika diperbesar, seperti yang ditunjukkan pada peta sisipan, terlihat jelas bahwa dua kesalahan simpul di sebelah kiri mewakili simpul yang menggantung dengan celah di antaranya, dan yang ketiga di sebelah kanan mewakili simpul yang menggantung dan dapat diterima yang terpasang di ujung jalan. Celah tersebut menandakan adanya gangguan di sepanjang jalan dan akan menyebabkan masalah dalam analisis data seperti analisis jalur terpendek.

dua negara bagian yang bersebelahan, kita berharap jalan raya terhubung sempurna melintasi perbatasan negara bagian. Kesalahan dapat terjadi jika jalan raya berpotongan, tumpang tindih, atau memiliki celah.

Kesalahan lain pada lapisan garis meliputi fitur garis yang saling tumpang tindih (misalnya, jalur kereta api di jalan raya) dan fitur garis yang tidak tercakup oleh serangkaian fitur garis lainnya (misalnya, rute bus yang tidak tercakup oleh jalan).

Kesalahan pada fitur titik dapat terjadi jika fitur tersebut tidak berada di sepanjang fitur garis pada lapisan lain. Misalnya, kesalahan terjadi jika stasiun pengukur debit sungai tidak berada di sepanjang aliran sungai, atau jika sudut penampang tidak berada pada batas poligon Sistem Survei Tanah Publik. Demikian pula, kesalahan dapat terjadi jika fitur titik tidak berada dalam fitur poligon pada lapisan lain. Misalnya, kantor polisi tidak berada dalam divisi operasional yang semestinya.

meskipun paket GIS lainnya memiliki kemampuan serupa dalam memperbaiki kesalahan topologi (Kotak 7.2).

#### 7.4.1 Toleransi Klaster

Alat yang ampuh di ArcGIS untuk pengeditan topologi adalah pemrosesan klaster. Pemrosesan ini menggunakan **toleransi klaster**, juga disebut toleransi XY, untuk menjepret simpul (yaitu, titik-titik yang membentuk garis) jika berada dalam area persegi yang ditentukan oleh toleransi tersebut. Pemrosesan klaster berguna dalam menangani overshoot atau undershoot kecil dan garis duplikat. Toleransi klaster berlaku untuk semua kelas fitur yang berpartisipasi dalam topologi di geodatabase; oleh karena itu, simpul yang akan dijepret dapat berada di lapisan yang sama atau di antara lapisan. Toleransi klaster default adalah 0,001 meter, tetapi dapat diubah oleh pengguna tergantung pada akurasi data digital. Sebagai aturan umum, toleransi klaster tidak boleh diatur terlalu besar karena toleransi klaster yang besar dapat secara tidak sengaja mengubah bentuk garis dan poligon. Strategi yang baik adalah menggunakan toleransi klaster yang kecil dan menggunakan toleransi jepret untuk menangani kesalahan yang lebih parah tetapi terlokalisasi. Toleransi jepret dapat menjepret simpul, busur, dan simpul selama berada dalam toleransi yang ditentukan (Bab 5).

## 7.4 PENGEDITAN TOPOLOGI

**Pengeditan topologi** memastikan bahwa kesalahan topografi dihilangkan. Untuk melakukan pengeditan topografi, kita harus menggunakan SIG yang dapat mendekripsi dan menampilkan kesalahan topografi serta memiliki alat untuk menghapusnya. Berikut ini, ArcGIS dengan aturan topologinya (Bab 3) digunakan sebagai contoh untuk pengeditan topografi.



**Kotak 7.2 Pengeditan Topologi dalam SIG**

Karena pentingnya topografi dalam SIG, topografi Pengeditan logis tersedia dalam banyak paket SIG. Implementasi topografi dalam SIG dapat bersifat persisten atau instan (Bab 3). Perbedaan lainnya berkaitan dengan jenis pengeditan topografi yang dapat dilakukan oleh SIG. Seperti ArcGIS, QGIS, sebuah SIG sumber terbuka yang populer, juga menggunakan aturan topografi untuk mengedit lapisan titik, garis, dan poligon. Seperti yang ditunjukkan di bawah ini, banyak aturan yang dapat digunakan di QGIS sebenarnya serupa dengan yang ada di ArcGIS.

- Lapisan titik: harus ditutupi oleh, harus ditutupi oleh titik akhir, harus berada di dalam, tidak boleh memiliki
- duplikat, tidak boleh memiliki geometri yang tidak valid, tidak boleh memiliki geometri multi-bagian
- Lapisan garis: titik akhir harus ditutupi oleh, tidak boleh memiliki dangle, tidak boleh memiliki duplikat, tidak boleh memiliki geometri yang tidak valid, tidak boleh memiliki geometri multi-bagian, tidak boleh memiliki pseudo
- Lapisan poligon: harus berisi, tidak boleh memiliki duplikat, tidak boleh ada celah, tidak boleh memiliki geometri yang tidak valid, tidak boleh memiliki geometri multi-bagian, tidak boleh tumpang tindih, dan tidak boleh tumpang tindih dengan

### 7.4.2 Pengeditan Menggunakan Topologi Peta

**Topologi peta** adalah serangkaian hubungan topologi sementara antara bagian-bagian fitur yang dianggap berhimpitan. Misalnya, topologi peta dapat dibangun di antara lapisan tata guna lahan dan lapisan tanah untuk memastikan garis luarnya berhimpitan. Demikian pula, jika suatu kabupaten berbatasan dengan sungai, topologi peta dapat membuat sungai tersebut berhimpitan dengan batas kabupaten. Lapisan yang berpartisipasi dalam topologi peta dapat berupa shapefile atau kelas fitur geodatabase, tetapi bukan cakupan.

Untuk mengedit menggunakan topologi peta, pertama-tama kita membuatnya, menentukan kelas fitur yang berpartisipasi, dan menentukan toleransi klaster. Kemudian, kita menggunakan alat pengeditan di ArcGIS untuk memaksimalkan geometri kelas fitur yang berpartisipasi agar bertepatan.

(Tugas 2 di bagian aplikasi menggunakan topologi peta untuk pengeditan.)

### 7.4.3 Mengedit Menggunakan Aturan Topologi

Geodatabase memiliki lebih dari 30 aturan topologi untuk fitur titik, garis, dan poligon (Bab 3).

Pengeditan dengan aturan topologi melibatkan tiga langkah dasar. Langkah pertama adalah membuat topologi baru dengan mendefinisikan kelas fitur yang berpartisipasi dalam dataset fitur, peringkat untuk setiap kelas fitur, aturan topologi, dan toleransi klaster. Peringkat tersebut menentukan tingkat kepentingan atau akurasi relatif suatu kelas fitur dalam pengeditan topologi.

Langkah kedua adalah validasi topologi. Langkah ini mengevaluasi aturan topologi dan menghasilkan kesalahan yang menunjukkan fitur-fitur yang melanggar aturan topologi. Pada saat yang sama, tepi dan simpul fitur dalam kelas fitur yang berpartisipasi akan di-snap jika berada dalam toleransi klaster yang ditentukan. Snapping ini menggunakan peringkat yang telah ditentukan sebelumnya untuk kelas fitur: fitur dari kelas fitur berperingkat lebih rendah (kurang akurat) akan lebih banyak dipindahkan daripada fitur dari kelas fitur berperingkat lebih tinggi.

Hasil validasi disimpan ke dalam lapisan topologi, yang digunakan pada langkah ketiga untuk memperbaiki kesalahan dan menerima kesalahan sebagai pengecualian (misalnya, simpul menggantung yang dapat diterima). Geodatabase menyediakan seperangkat alat untuk memperbaiki kesalahan topologi. Misalnya, jika batas area studi dari dua kelas fitur yang berpartisipasi tidak berhimpitan dan membentuk poligon kecil di antara keduanya, kita dapat memilih untuk mengurangi (menghapus) poligon-poligon ini, atau membuat poligon-poligon baru, atau mengubah batas-batasnya hingga berhimpitan. (Tugas 3 dan 4 di bagian aplikasi menggunakan beberapa alat ini untuk memperbaiki kesalahan antar lapisan.)

menghapus) poligon-poligon ini, atau membuat poligon-poligon baru, atau mengubah batas-batasnya hingga berhimpitan. (Tugas 3 dan 4 di bagian aplikasi menggunakan beberapa alat ini untuk memperbaiki kesalahan antar lapisan.)

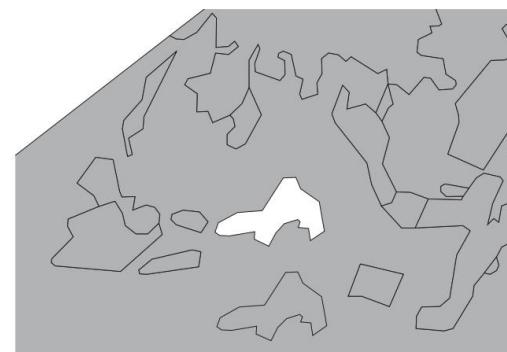
## 7.5 PENYUNTINGAN NONTOPLOGIS

**Pengeditan nontopologis** mengacu pada berbagai operasi pengeditan dasar yang dapat memodifikasi fitur sederhana dan dapat membuat fitur baru dari fitur yang ada. Seperti pengeditan topologi, banyak operasi dasar ini juga menggunakan toleransi snap untuk menjepret titik dan garis, serta sketsa garis dan poligon untuk mengedit fitur. Perbedaannya adalah operasi dasar ini tidak melibatkan topologi sebagaimana didefinisikan dalam topologi peta atau aturan topologi.

### 7.5.1 Mengedit Fitur yang Ada

Berikut ini ringkasan operasi pengeditan dasar pada fitur yang ada.

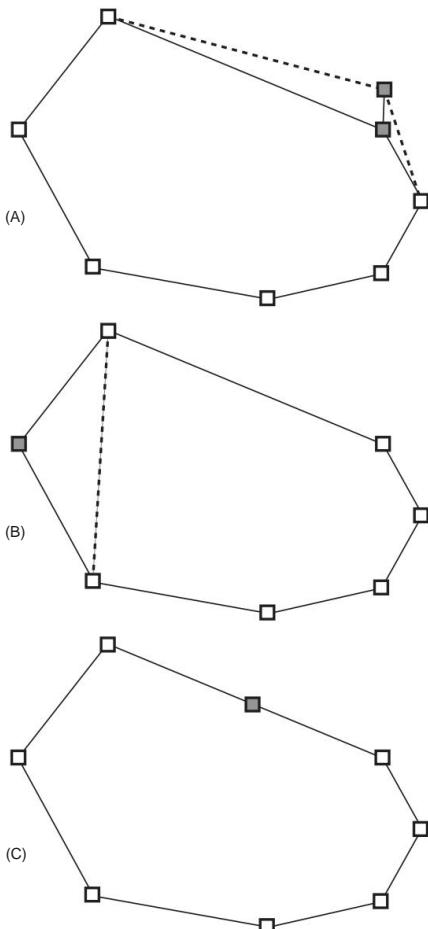
- Perluas/Potong Garis untuk memperpanjang atau memotong garis agar sesuai dengan garis target.
- Hapus/Pindahkan Fitur untuk menghapus atau memindahkan satu atau beberapa fitur yang dipilih, yang dapat berupa titik, garis, atau poligon. Karena setiap poligon dalam data nontopologis merupakan satu kesatuan, terpisah dari poligon lainnya, memindahkan poligon berarti menempatkan poligon tersebut di atas poligon yang sudah ada sambil menciptakan area kosong di lokasi aslinya (Gambar 7.8).



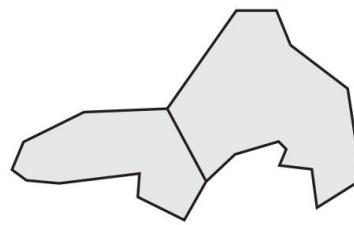
**Gambar 7.8**

Setelah poligon shapefile dipindahkan ke bawah, area kosong akan muncul di lokasinya.

- Integrasikan untuk membuat fitur-fitur bertepatan jika berada dalam toleransi x, y yang ditentukan. Integrasikan serupa dengan penggunaan topologi peta, kecuali dapat digunakan langsung pada masing-masing shapefile. Karena dapat mencutuk, menghapus, dan memindahkan fitur, toleransi snapping harus diatur dengan hati-hati.
- Membentuk Ulang Fitur untuk mengubah bentuk garis dengan memindahkan, menghapus, atau menambahkan titik pada garis (Gambar 7.9). Operasi ini juga dapat digunakan untuk membentuk ulang poligon. Namun, jika pembentukan ulang ditujukan untuk poligon dan poligon-poligon yang terhubung, kita harus menggunakan topologi

**Gambar 7.9**

Ubah bentuk garis dengan memindahkan titik sudut (a), menghapus titik sudut (b), atau menambahkan titik sudut (c).

**Gambar 7.10**

Buat sketsa garis melintasi batas poligon untuk membagi poligon menjadi dua.

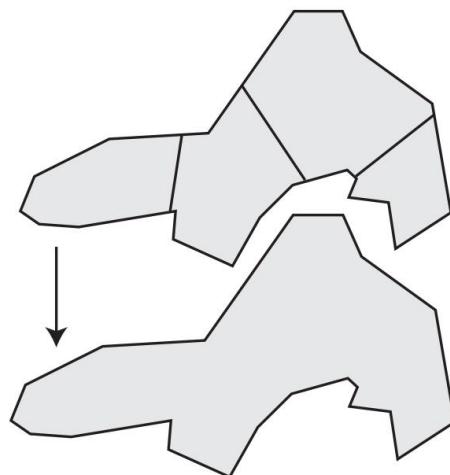
alat sehingga, saat batas dipindahkan, semua poligon yang berbagi batas yang sama dibentuk ulang secara bersamaan.

- Pisahkan Garis dan Poligon untuk membagi garis yang sudah ada dengan membuat sketsa garis baru yang melintasi garis tersebut, atau untuk membagi poligon yang sudah ada dengan membuat sketsa garis terbagi yang melalui poligon tersebut (Gambar 7.10).

## 7.5.2 Membuat Fitur dari Fitur yang Ada

Poin-poin berikut merangkum operasi nontopologi yang dapat membuat fitur baru dari fitur yang sudah ada.

- Gabungkan Fitur untuk mengelompokkan fitur garis atau poligon yang dipilih menjadi satu fitur (Gambar 7.11). Jika

**Gambar 7.11**

Gabungkan empat poligon yang dipilih menjadi satu.

Fitur-fitur yang digabungkan tidak berdekatan secara spasial, mereka membentuk poligon multi-bagian, yang diperbolehkan untuk shapefile dan geodatabase.

- Fitur Buffer untuk membuat buffer di sekitar fitur garis atau poligon pada jarak tertentu.
- Fitur Gabungan untuk menggabungkan fitur dari berbagai lapisan menjadi satu fitur. Operasi ini berbeda dari operasi penggabungan karena bekerja dengan lapisan yang berbeda, alih-alih satu lapisan.
- Fitur Intersect untuk membuat fitur baru dari persimpangan fitur yang saling tumpang tindih di berbagai lapisan.

## 7.6 OPERASI PENGEDITAN LAINNYA

Pencocokan tepi, generalisasi garis, dan penghalusan garis adalah contoh operasi penyuntingan yang tidak dapat diklasifikasikan sebagai topologi atau nontopologi.

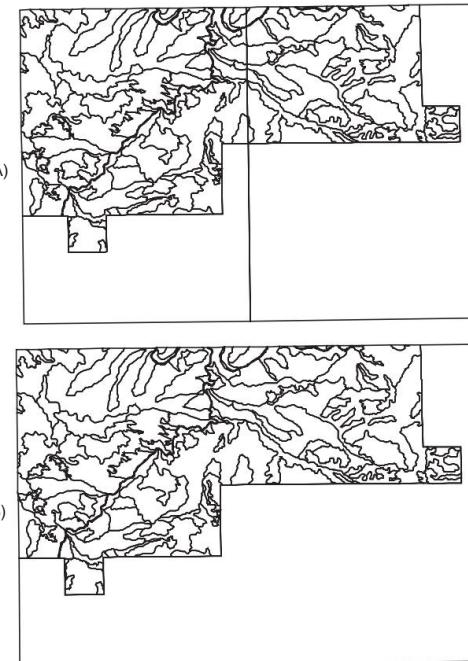
### 7.6.1 Pencocokan Tepi

**Pencocokan tepi** mencocokkan garis-garis di sepanjang tepi suatu lapisan dengan garis-garis pada lapisan yang berdekatan sehingga garis-garis tersebut berkesinambungan melintasi batas antar lapisan (Gambar 7.12). Misalnya, pencocokan tepi diperlukan untuk membangun lapisan jalan raya regional yang terdiri dari beberapa lapisan jalan raya negara bagian yang didigitalisasi dan diedit secara terpisah. Kesalahan antar lapisan ini seringkali sangat kecil (Gambar 7.13), tetapi jika kesalahan tersebut dihilangkan, lapisan jalan raya regional tersebut tidak dapat digunakan untuk operasi seperti analisis jalur terpendek.

Pencocokan tepi melibatkan lapisan sumber dan lapisan target. Fitur pada lapisan sumber dipindahkan agar sesuai dengan fitur pada lapisan target. Toleransi penjepretan dapat membantu dalam penjepretan simpul (dan garis) di antara kedua lapisan. Pencocokan tepi dapat dilakukan pada satu pasang simpul, atau beberapa pasang, sekaligus. Setelah pencocokan tepi selesai, lapisan sumber dan lapisan target dapat digabungkan menjadi satu lapisan dan batas buatan yang memisahkan kedua lapisan (misalnya, batas status) dapat dihilangkan.

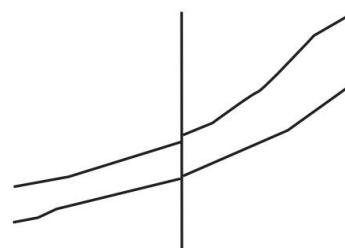
### 7.6.2 Generalisasi dan Pemulusan Garis

**Generalisasi garis** mengacu pada proses penyederhanaan garis dengan menghilangkan beberapa titiknya. Generalisasi garis diperlukan ketika terlalu banyak titik



**Gambar 7.12**

Pencocokan tepi mencocokkan garis dari dua lapisan yang berdekatan (a) sehingga garis-garis tersebut berkesinambungan melintasi perbatasan (b).



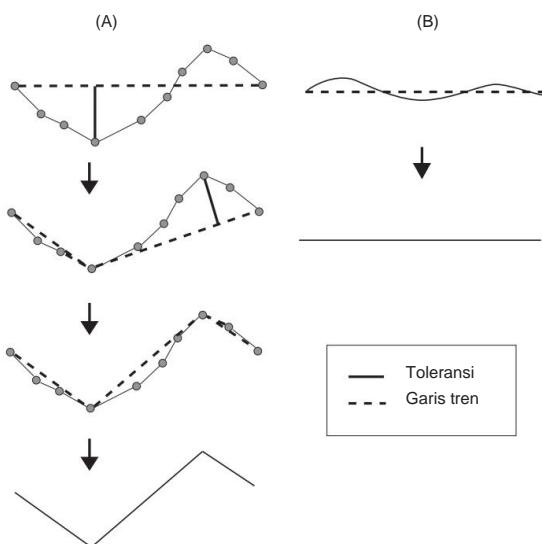
**Gambar 7.13**

Ketidakcocokan garis dari dua lapisan yang berdekatan hanya terlihat setelah memperbesar.

didigitalisasi menggunakan pemindaian atau digitalisasi mode aliran (Bab 5), atau ketika lapisan sumber akan ditampilkan dalam skala yang lebih kecil (Cromley dan Campbell 1992). Penyederhanaan garis juga penting untuk analisis SIG yang menggunakan setiap titik yang membentuk garis. Salah satu contohnya adalah penyanggaan, yang mengukur jarak penyangga dari setiap titik di sepanjang garis.

(Bab 11). Garis dengan terlalu banyak titik tidak selalu meningkatkan hasil analisis, tetapi akan membutuhkan waktu pemrosesan yang lebih lama.

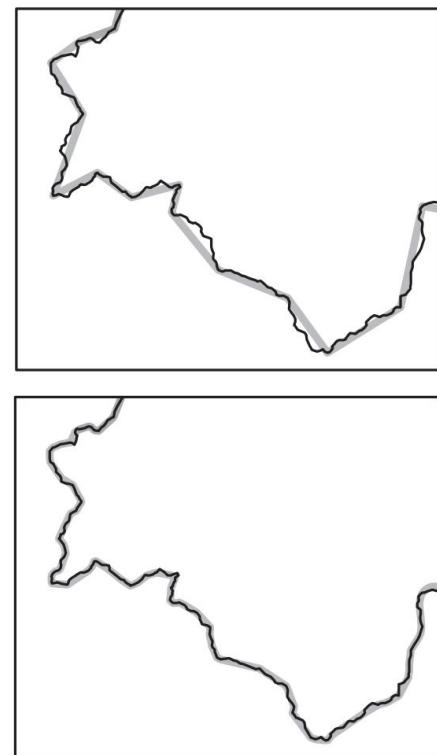
Algoritma **Douglas-Peucker** adalah algoritma yang terkenal untuk penyederhanaan garis (Douglas dan Peucker 1973; Shi dan Cheung 2006). Algoritma bekerja baris demi baris dan dengan toleransi yang ditentukan. Algoritma dimulai dengan menghubungkan titik-titik akhir garis dengan garis tren (Gambar 7.14). Deviasi setiap titik antara dari garis tren dihitung. Jika ada deviasi yang lebih besar dari toleransi, maka titik dengan deviasi terbesar dihubungkan ke titik-titik akhir garis asli untuk membentuk garis tren baru (Gambar 7.14a). Dengan menggunakan garis tren baru ini, algoritma kembali menghitung deviasi setiap titik antara. Proses ini berlanjut hingga tidak ada deviasi yang melebihi toleransi. Hasilnya adalah garis yang disederhanakan yang menghubungkan garis tren. Tetapi jika deviasi awal semuanya lebih kecil dari toleransi, garis yang disederhanakan adalah garis lurus yang menghubungkan titik-titik akhir (Gambar 7.14b).



**Gambar 7.14**

Algoritma penyederhanaan garis Douglas-Peucker merupakan proses iteratif yang memerlukan penggunaan toleransi, garis tren, dan perhitungan deviasi titik-titik dari garis tren. Lihat Bagian 7.6.2 untuk penjelasannya.

Salah satu kekurangan algoritma Douglas-Peucker untuk menghilangkan titik adalah garis yang disederhanakan seringkali memiliki sudut yang tajam. ArcGIS menawarkan dua alternatif: penyederhanaan tekuk dan area berbobot. Algoritma penyederhanaan tekuk membedah garis menjadi serangkaian tekukan, menghitung sifat geometris setiap tekukan, dan menghilangkan tekukan yang dianggap tidak signifikan (Wang dan Muller 1998). Algoritma area berbobot menghitung "area efektif terbobot" suatu titik, yaitu area segitiga yang dibentuk oleh titik tersebut dan dua titik di sekitarnya, dan dibobot berdasarkan bentuk segitiga tersebut, untuk menilai signifikansi suatu titik (Zhou dan Jones 2005). Oleh karena itu, jika suatu titik memiliki area segitiga yang kecil dan datar, kemungkinan besar titik tersebut akan dihilangkan. Gambar 7.15



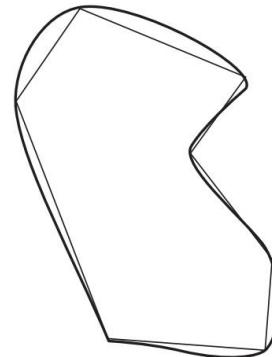
**Gambar 7.15**

Hasil penyederhanaan garis dapat berbeda tergantung pada algoritma yang digunakan: algoritma Douglas-Peucker (a) dan algoritma penyederhanaan tekuk (b).

membandingkan hasil generalisasi algoritma Douglas-Peucker dan algoritma bend-simply.

**Penghalusan garis** mengacu pada proses pembentukan kembali garis menggunakan beberapa fungsi matematika seperti spline (Burghardt 2005; Guilbert dan Saux 2008). Penghalusan garis mungkin paling penting untuk tampilan data. Garis yang diperoleh dari pemrosesan komputer seperti isoline pada peta curah hujan terkadang bergerigi dan tidak menarik. Garis-garis ini dapat dihaluskan untuk tujuan tampilan data.

Gambar 7.16 menunjukkan contoh penghalusan garis menggunakan spline.



**Gambar 7.16**

Penghalusan garis menghaluskan garis dengan menghasilkan titik-titik baru secara matematis dan menambahkannya ke garis.

## KONSEP DAN ISTILAH UTAMA

**Toleransi klaster:** Toleransi untuk titik dan garis yang dijepret. Disebut juga toleransi XY.

**Simpul menggantung:** Simpul pada ujung busur yang tidak terhubung dengan busur lainnya.

**Presisi data:** Ukuran seberapa tepat data seperti data lokasi koordinat x dan y direkam.

**Algoritma Douglas-Peucker:** Algoritma komputer untuk penyederhanaan garis.

**Pencocokan Tepi:** Operasi penyuntingan yang mencocokkan garis sepanjang tepi suatu lapisan dengan garis pada lapisan yang berdekatan.

**Generalisasi garis:** Proses penyederhanaan garis dengan menghilangkan beberapa titik garis.

**Penghalusan garis:** Proses penghalusan garis dengan menambahkan titik-titik baru, yang biasanya dihasilkan oleh fungsi matematika seperti spline, ke garis.

**Kesalahan lokasi :** Kesalahan terkait dengan lokasi fitur peta seperti garis yang hilang atau poligon yang hilang.

**Topologi peta:** Seperangkat hubungan topologi sementara antara bagian-bagian yang bertepatan dari fitur-fitur sederhana antar lapisan.

**Pengeditan nontopologi :** Pengeditan pada data nontopologi.

**Pseudo node:** Sebuah node yang muncul sepanjang garis kontinum busur ous.

**Pengeditan topologi :** Pengeditan pada data topologi untuk memastikan bahwa data tersebut mengikuti hubungan topologi yang diperlukan.

**Kesalahan topologi :** Kesalahan terkait dengan topologi fitur peta seperti busur yang menggantung dan batas yang tumpang tindih.

## PERTANYAAN ULASAN

1. Jelaskan perbedaan antara kesalahan lokasi dan kesalahan topologi.
2. Apa sumber data utama untuk digitalisasi?
3. Jelaskan pentingnya penyuntingan dalam SIG.
4. Meskipun Standar Akurasi Peta Nasional AS yang diadopsi pada tahun 1947 masih dicetak di

- Peta segi empat USGS, standarnya tidak benar-benar berlaku untuk data SIG. Mengapa?
5. Menurut Standar Nasional Akurasi Data Spasial yang baru, produsen data geospasial dianjurkan untuk melaporkan statistik RMS yang terkait dengan suatu set data. Secara umum, bagaimana seseorang menafsirkan dan menggunakan statistik RMS?
  6. Misalkan lokasi titik tercatat sebagai (575729,0, 5228382) pada set data 1 dan (575729,64, 5228382,11) pada set data 2. Set data mana yang memiliki presisi data lebih tinggi? Secara praktis, apa arti perbedaan presisi data dalam kasus ini?
  7. Bantuan ArcGIS 10.5 memiliki poster yang mengilustrasikan aturan topologi (Bantuan ArcGIS Desktop 10.5>Kelola Data>Pengeditan>Pengeditan topologi>Topologi geodatabase>Aturan topologi geodatabase dan perbaikan kesalahan topologi). Lihat posternya. Bisakah Anda memikirkan contoh lain (selain yang ada di poster) yang dapat menggunakan aturan poligon "Harus dicakup oleh kelas fitur ?"
  8. Berikan contoh (selain yang ada di poster) yang dapat menggunakan aturan poligon "Tidak boleh tumpang tindih dengan."

9. Berikan contoh (selain yang ada di poster) yang dapat menggunakan aturan garis "Tidak boleh berpotongan atau menyentuh bagian dalam."
10. Implementasi topologi di ArcGIS digambarkan sebagai on-the-fly. Mengapa?
11. Gunakan diagram untuk mengilustrasikan bagaimana toleransi klaster yang besar untuk pengeditan dapat secara tidak sengaja mengubah bentuk fitur garis.
12. Jelaskan perbedaan antara simpul yang menggantung dan simpul semu.
13. Apa itu topologi peta?
14. Jelaskan tiga langkah dasar dalam menggunakan aturan topologi.
15. Beberapa operasi pengeditan nontopologi dapat membuat fitur dari fitur yang sudah ada. Berikan dua contoh operasi tersebut.
16. Pencocokan tepi membutuhkan lapisan sumber dan lapisan target. Jelaskan perbedaan antara kedua jenis lapisan ini.
17. Algoritma Douglas-Peucker biasanya menghasilkan garis yang disederhanakan dengan sudut yang tajam. Mengapa?
18. Sebutkan dua alternatif pengganti Douglas-Algoritma Peucker untuk generalisasi garis di ArcGIS.

## APLIKASI: AKURASI DAN KUALITAS DATA SPASIAL

Bagian aplikasi ini mencakup pengeditan data spasial dalam empat tugas. Tugas 1 memungkinkan Anda menggunakan alat pengeditan dasar pada sebuah shapefile. Tugas 2 meminta Anda untuk menggunakan topologi peta dan toleransi klaster untuk memperbaiki kesalahan digitalisasi antara dua shapefile. Anda akan menggunakan aturan topologi pada Tugas 3 dan 4: memperbaiki dangle pada Tugas 3 dan memperbaiki batas garis luar pada Tugas 4. Tidak seperti topologi peta, yang dapat digunakan dengan shapefile, aturan topologi didefinisikan melalui dialog properti dari kumpulan data fitur dalam geodatabase. Anda memerlukan lisensi tingkat Standar atau Lanjutan untuk menggunakan aturan topologi geodatabase.

### Tugas 1 Mengedit Shapefile

**Yang Anda butuhkan:** editmap2.shp dan editmap3.shp.

Tugas 1 mencakup tiga operasi pengeditan dasar untuk shapefile: menggabungkan poligon, membagi poligon,

dan membentuk ulang batas poligon. Saat bekerja dengan editmap2.shp, Anda akan menggunakan editmap3.shp sebagai referensi, yang memperlihatkan bagaimana editmap2.shp akan terlihat setelah diedit.

1. Luncurkan ArcMap. Jalankan Katalog di ArcMap, lalu hubungkan ke database Bab 7. Ubah nama bingkai data menjadi Tugas 1. Tambahkan editmap3.shp dan editmap2.shp ke Tugas 1. Abaikan pesan peringatan. Untuk mengedit editmap2 Dengan menggunakan editmap3 sebagai panduan, Anda harus menampilkan dengan simbol garis luar yang berbeda. Pilih Properti dari menu konteks editmap2. Pada tab Simbologi, ubah simbol menjadi Hollow dengan Warna Garis Luar berwarna hitam. Pada tab Label, centang kotak untuk memberi label fitur pada layer ini dan pilih LANDED\_ID untuk

bidang label, lalu klik OK untuk menutup dialog. Klik simbol editmap3 di daftar isi. Pilih simbol Hollow dan warna Outline merah. Klik kanan editmap2,

arahkan ke Selection, dan klik pada Make This The Only Selectable Layer.

**2. Pastikan bilah alat Editor dicentang.**

Klik panah tarik-turun Editor dan pilih Mulai Mengedit. Operasi pertama adalah menggabungkan poligon 74 dan 75. Klik Alat Edit pada Bilah Alat Editor. Klik di dalam poligon 75, lalu klik di dalam poligon 74 sambil menekan tombol Shift. Kedua poligon disorot dengan warna cyan. Klik panah tarik-turun Editor dan pilih Gabungkan. Pada dialog berikutnya, pilih fitur teratas dan klik OK untuk menutup dialog. Poligon 74 dan 75 digabungkan menjadi satu dengan label 75.

**Q1.** Sebutkan operasi pengeditan lain selain Penggabungan pada menu Editor.

**3. Operasi kedua adalah memotong poligon 71.**

Perbesar area di sekitar poligon 71. Klik Alat Edit, lalu gunakan untuk memilih poligon 71 dengan mengeklik di dalam poligon. Klik alat Potong Poligon pada bilah alat Editor. Klik kiri titik di tempat Anda ingin garis potong dimulai, klik setiap titik sudut yang membentuk garis potong, lalu klik dua kali titik sudut ujungnya. Poligon 71 terpotong menjadi dua, masing-masing diberi label 71.

**4. Operasi ketiga adalah mengubah bentuk poligon 73 dengan memperluas batas selatannya menjadi persegi panjang. Karena poligon 73 berbagi batas (yaitu, tepi) dengan poligon 59, Anda perlu menggunakan topologi peta untuk mengubah batas tersebut.**

Klik panah tarik-turun Editor, arahkan ke Alat Pengeditan Lainnya, lalu klik Topologi. Klik alat Pilih Topologi pada bilah alat Topologi. Pada dialog berikutnya, centang editmap2

kotak dan klik OK. Klik alat Edit Topologi pada bilah alat Topologi, lalu klik dua kali pada tepi selatan poligon 73.

Sekarang garis luar poligon 73 berubah menjadi magenta dengan titik sudut berwarna hijau tua dan titik ujung berwarna merah. Bilah alat Edit Titik Sudut juga akan muncul di layar.

**5. Strategi untuk membentuk ulang poligon adalah dengan menambahkan tiga titik sudut baru dan menyeret titik-titik tersebut untuk membentuk bentuk baru. Klik alat Tambah Titik Sudut pada bilah alat Edit Titik Sudut.**

Gunakan alat tersebut untuk mengeklik titik tengah batas selatan poligon 73 dan seret ke titik tengah batas baru (gunakan editmap3 sebagai panduan). (Batas asli poligon 73 tetap di tempatnya sebagai referensi. Batas tersebut akan hilang ketika Anda mengeklik di mana pun di luar poligon 73.)

**6. Selanjutnya, gunakan alat Tambah Titik Sudut untuk menambahkan titik sudut lain (titik sudut 2) di sepanjang garis yang menghubungkan titik sudut 1 dan sudut Tenggara asli poligon 73. Seret titik sudut 2 ke sudut Tenggara batas baru. Tambahkan titik sudut lain (titik sudut 3) dan seret ke sudut Barat Daya batas baru. Tepi telah dimodifikasi. Klik kanan tepi, lalu pilih Selesaikan Sketsa.**

**7. Pilih Hentikan Pengeditan dari daftar turun bawah Editor, lalu simpan hasil suntingannya.**

**Tugas 2 Menggunakan Toleransi Cluster untuk Memperbaiki Kesalahan Digitalisasi Antara Dua Shapefile**

**Yang Anda perlukan:** land\_dig.shp, bentuk referensi - berkas; dan trial\_dig.shp, shapefile yang didigitalkan dari land\_dig.shp.

Terdapat perbedaan antara land\_dig.shp dan trial\_dig.shp akibat kesalahan digitalisasi (poligon 72–76). Tugas ini menggunakan toleransi klaster untuk memaksa batas trial\_dig.shp agar bertepatan dengan batas land\_dig.shp. Baik land\_dig.shp maupun trial\_dig.shp diukur dalam meter dan koordinat Universal Transverse Mercator (UTM).

**1. Masukkan bingkai data baru dan ganti namanya menjadi Tugas 2.**

Tambahkan land\_dig.shp dan trial\_dig.shp ke Tugas 2.

Tampilkan land\_dig dalam simbol garis hitam dan beri label dengan bidang LAND\_DIG\_I.

Tampilkan trial\_dig dalam simbol garis merah.

Klik kanan trial\_dig, arahkan ke Selection, lalu klik Make This The Only Selectable Layer. Perbesar dan gunakan alat Measure.

untuk memeriksa perbedaan antara kedua shapefile. Sebagian besar perbedaannya kurang dari 1 meter.

2. Langkah pertama adalah membuat topologi peta antara kedua shapefile. Klik menu Kustomisasi dan pastikan bilah alat Editor dan Topologi dicentang. Pilih Mulai Mengedit dari menu tarik-turun Editor. Klik alat Pilih Topologi pada bilah alat Topologi. Pada dialog berikutnya, pilih land\_dig dan trial\_dig untuk berpartisipasi dalam topologi peta dan masukkan 1 (meter) di Opsi untuk Toleransi Klaster. Klik OK untuk menutup dialog.
  
3. trial\_dig memiliki lima poligon, tiga di antaranya merupakan poligon terisolasi dan dua lainnya berdekatan secara spasial. Mulailah mengedit dengan poligon di kanan bawah yang seharusnya berimpit dengan poligon 73 di land\_dig. Perbesar area di sekitar poligon. Klik alat Edit Topologi pada bilah alat Topologi. Kemudian, gunakan penunjuk tetikus untuk mengklik dua kali batas poligon. Batas tersebut akan berubah menjadi sketsa edit dengan kotak hijau yang mewakili titik sudut dan kotak merah yang mewakili simpul. Arahkan kursor tetikus ke atas sebuah titik sudut hingga muncul simbol persegi baru. Klik kanan simbol tersebut, lalu pilih Pindahkan dari menu konteks. Tekan Enter untuk menutup dialog berikutnya. (Anda menggunakan toleransi klaster yang ditentukan untuk menjepret simpul dan tepi.) Klik titik mana pun di luar poligon untuk membatalkan pilihan batasnya. Poligon sekarang harus berimpit sempurna dengan poligon 73 di land\_dig. Pindah ke poligon lain di trial\_dig dan ikuti prosedur yang sama untuk memperbaiki kesalahan digitalisasi.
  
4. Semua perbedaan kecuali satu (poligon 76) Nilai tetap antara trial\_dig dan land\_dig. Perbedaan yang tersisa lebih besar dari toleransi klaster yang ditentukan (1 meter). Alih-alih menggunakan toleransi klaster yang lebih besar, yang dapat mengakibatkan fitur terdistorsi, Anda akan menggunakan operasi pengeditan dasar untuk memperbaiki perbedaan tersebut. Perbesar area perbedaan. Gunakan Alat Edit pada bilah alat Editor untuk

Klik dua kali batas trial\_dig. Ketika batas berubah menjadi sketsa edit, Anda dapat menyeret titik sudut agar bertemu dengan garis target. Ini akan memperkecil selisih menjadi kurang dari 1 meter. Sekarang Anda dapat menggunakan alat Edit Topologi dan prosedur yang sama seperti pada Langkah 3 untuk menutup selisih yang tersisa.

5. Setelah Anda selesai mengedit kelima poligon, pilih Hentikan Pengeditan dari menu tarik-turun Editor dan simpan hasil suntingannya.
- Q2. Jika Anda memasukkan 4 meter untuk toleransi klaster pada Langkah 2, apa yang akan terjadi pada trial\_dig.shp?

#### Tugas 3 Gunakan Aturan Topologi untuk Memperbaiki Dangles

**Yang Anda perlukan:** idroads.shp, shapefile jalan Idaho; mtroads\_idtm.shp, shapefile jalan Montana yang diproyeksikan ke sistem koordinat yang sama dengan idroads.shp; dan Merge\_result.shp, shapefile dengan gabungan jalan dari Idaho dan Montana.

Dua shapefile jalan yang diunduh dari internet tidak terhubung sempurna melintasi batas negara bagian. Oleh karena itu, Merge\_result.shp berisi celah. Kecuali celah tersebut dihilangkan, Merge\_result.shp tidak dapat digunakan untuk aplikasi jaringan seperti menemukan jalur terpendek. Tugas ini meminta Anda untuk menggunakan aturan topologi untuk menyimbolkan letak celah, lalu menggunakan alat pengeditan untuk memperbaiki celah tersebut.

1. Masukkan bingkai data dan ganti namanya menjadi Tugas
3. Langkah pertama untuk tugas ini adalah menyiapkan geodatabase pribadi dan set data fitur, lalu mengimpor Merge\_result.shp sebagai kelas fitur ke dalam set data fitur. Klik Katalog di ArcMap untuk membukanya. Klik kanan database Bab 7 di pohon Katalog, arahkan ke Baru, lalu pilih Geodatabase Pribadi. Ganti nama geodatabase MergeRoads.mdb. Klik kanan MergeRo-ads.mdb, arahkan ke Baru, lalu pilih Set Data Fitur. Masukkan Merge untuk Nama set data fitur, lalu klik Berikutnya. Pada dialog berikutnya, pilih Impor dari menu Tambahkan Sistem Koordinat dan impor sistem koordinat dari idroads.shp untuk set data fitur. Pilih tanpa sistem koordinat vertikal.

Ubah toleransi XY menjadi 1 meter, lalu klik Selesai. Klik kanan Gabung di pohon Katalog, arahkan ke Impor, lalu pilih Kelas Fitur (tunggal). Pada dialog berikutnya, pilih Merge\_result.shp untuk fitur masukan dan masukkan Merge\_result untuk nama kelas fitur keluaran. Klik Oke untuk mengimpor shapefile.

**2.** Langkah ini untuk membangun topologi baru.

Klik kanan Gabung di pohon Katalog, arahkan ke Baru, lalu pilih Topologi. Klik Berikutnya di dua panel pertama. Centang kotak di samping Gabung\_menghasilkan yang ketiga. Klik Berikutnya di panel keempat. Klik tombol Tambahkan Aturan di panel kelima. Pilih "Tidak Boleh Memiliki Dangles" dari daftar tarik-turun Aturan di dialog Tambahkan Aturan dan klik Oke. Klik Berikutnya, lalu Selesai untuk menyelesaikan pengaturan aturan topologi. Setelah topologi baru dibuat, klik Ya untuk memvalidasinya.

**Q3.** Setiap aturan memiliki deskripsi di Tambahkan Aturan dialog. Apa deskripsi aturan untuk "Tidak Boleh Memiliki Dangles" di Bantuan ArcGIS Desktop?

**Q4.** Apa deskripsi aturan untuk "Tidak Boleh Punya Pseudonode"?

**3.** Hasil validasi disimpan dalam top-

lapisan ogy yang disebut Merge\_Topology di Merge Dataset fitur. Pilih Properti dari menu konteks Merge\_Topology. Dialog Properti Topologi memiliki empat tab. Tab Umum, Kelas Fitur, dan Aturan menentukan aturan topologi. Klik tab Kesalahan, lalu Buat Ringkasan. Laporan ringkasan menunjukkan 96 kesalahan, yang berarti Gabungan\_Hasilnya memiliki 96 simpul yang menggantung. Tutup dialog.

**4.** Tambahkan dataset fitur Merge ke Tugas 3. (Anda dapat menghapus Merge\_result tambahan yang telah ditambahkan ke Tugas 3 sebelumnya di Langkah 2.)

Kesalahan titik dalam Merge\_Topology adalah 96 simpul yang menggantung, yang sebagian besar merupakan titik akhir di sepanjang batas luar kedua status dan dengan demikian merupakan simpul yang menggantung yang dapat diterima. Hanya simpul-simpul di sepanjang batas bersama kedua status yang perlu diperiksa dan, jika perlu, dipertajuk. Tambahkan idroads.shp dan mtroads\_idtm.shp

ke Tugas 3. Kedua shapefile dapat digunakan sebagai referensi dalam memeriksa dan memperbaiki kesalahan. Gunakan warna yang berbeda untuk menampilkan Merge\_result, idroads, dan mtroads\_idtm agar mudah dibedakan. Klik kanan Merge\_result, arahkan ke Selection, lalu klik Make This The Only Selectable Layer.

**5.** Sekarang Anda siap untuk memeriksa dan memperbaiki

kesalahan di Merge\_result. Pastikan bilah alat Editor dan bilah alat Topologi tersedia. Pilih Mulai Mengedit dari menu Editor. Pilih MergeRoads.mdb sebagai sumber untuk mengedit data. Ada lima titik persimpangan jalan di perbatasan Montana–Idaho.

Tempat-tempat ini ditunjukkan dengan kesalahan titik. Perbesar area di sekitar persimpangan pertama di dekat bagian atas peta hingga Anda melihat sepasang jembatan gantung, terpisah jarak sekitar 5,5 meter. (Gunakan alat Ukur pada bilah alat standar untuk mengukur jarak.)

Klik Pilih Topologi pada bilah alat Topologi, pilih topologi geodatabase Gabung\_Topologi yang ingin diedit, lalu klik Oke. Klik alat Perbaiki Kesalahan Topologi pada bilah alat Topologi, lalu klik kotak merah.

Kotak merah berubah menjadi hitam setelah dipilih.

Klik Error Inspector pada bilah alat Topologi. Sebuah laporan akan muncul dan menunjukkan jenis kesalahan (Tidak Boleh Menggantung). Tutup laporan. Gunakan alat Fix Topology Error dan klik kanan pada kotak hitam. Menu konteks menampilkan alat Snap, Extend, dan Trim untuk memperbaiki kesalahan. Pilih Snap, dan kotak Snap Tolerance akan muncul. Masukkan 6 (meter) di dalam kotak.

Kedua kotak tersebut akan disatukan menjadi satu kotak. Klik kanan kotak tersebut lagi dan pilih Snap. Tekan Enter untuk menutup kotak Snap Tolerance. Kotak tersebut sekarang akan menghilang. Ingatlah bahwa Anda memiliki akses ke alat Undo dan Redo pada menu Edit serta bilah alat standar. Klik alat Validate Topology In Current Extent pada bilah alat Topology untuk memvalidasi perubahan yang telah Anda buat.

**6.** Kesalahan pada poin kedua, ketika diperbesar, menunjukkan celah sepanjang 125 meter. Setidaknya ada dua

Cara memperbaiki kesalahan. Opsi pertama adalah menggunakan perintah Snap pada alat Fix Topology Error dengan menerapkan toleransi snap minimal 125. Di sini Anda akan menggunakan opsi kedua, yang menggunakan alat pengeditan standar. Pertama, atur lingkungan pengeditan. Arahkan kursor ke Snapping pada menu Editor dan centang bilah alat Snapping untuk membuka bilah alat. Selanjutnya, pilih Opsi dari menu tarik-turun Snapping. Pada kotak Umum, masukkan 10 untuk toleransi snapping dan klik OK. Pastikan Use Snapping dicentang pada menu tarik-turun Snapping.

Klik tombol Buat Fitur pada bilah alat Editor untuk membukanya. Klik Merge\_result di jendela Buat Fitur, pilih Garis sebagai alat konstruksi di jendela Buat Fitur, lalu tutup jendela. Klik kanan kotak di sebelah kanan, arahkan ke Snap to Feature, lalu pilih Endpoint. Klik kotak di sebelah kiri. Kemudian klik kanan untuk memilih Finish Sketch. Sekarang celah tersebut telah dijembatani dengan segmen garis baru. Klik Validate Topology in Current Extent pada bilah alat Topology. Simbol kotak menghilang, yang berarti kesalahan titik tidak lagi ada.

7. Anda dapat menggunakan dua opsi sebelumnya untuk memperbaiki sisa kesalahan poin.
8. Setelah semua titik kesalahan mewakili kesalahan Jika persimpangan jalan melintasi perbatasan negara bagian telah diperbaiki, pilih Hentikan Pengeditan dari menu Editor dan simpan pengeditan.

#### Tugas 4 Gunakan Aturan Topologi untuk Memastikan

##### Dua Lapisan Poligon yang Menutupi Satu sama lain

**Yang Anda butuhkan:** landuse.shp dan soils.shp, dua shapefile poligon berdasarkan koordinat UTM.

Didigitalkan dari peta sumber yang berbeda, garis luar kedua shapefile tersebut tidak sepenuhnya sama. Tugas ini menunjukkan cara menggunakan aturan topologi untuk menyimbolkan perbedaan antara kedua shapefile dan menggunakan alat pengeditan untuk memperbaiki perbedaan tersebut.

1. Masukkan bingkai data baru di ArcMap, dan beri nama bingkai data Tugas 4. Mirip dengan Tugas 3,

Langkah pertama adalah menyiapkan geodatabase pribadi dan dataset fitur, lalu mengimpor landuse.shp dan soils.shp sebagai kelas fitur ke dalam dataset fitur. Klik kanan folder Bab 7 di pohon Katalog, arahkan ke Baru, lalu pilih Geodatabase Pribadi. Ubah nama geodatabase menjadi Land.mdb. Klik kanan Land.mdb,

arahkan ke Baru, dan pilih Kumpulan Data Fitur. Masukkan "LandSoil" untuk Nama dataset fitur, lalu klik Berikutnya. Pada dialog berikutnya, gunakan "Impor" di menu "Tambahkan Sistem Koordinat" untuk mengimpor sistem koordinat dari landuse. shp untuk dataset fitur. Pilih tanpa sistem koordinat vertikal. Atur toleransi XY menjadi 0,001 meter, lalu klik Selesai. Klik kanan LandSoil, arahkan ke Impor, lalu pilih Kelas Fitur (multiple). Pada dialog berikutnya, tambahkan lan-duse.shp dan soils.shp sebagai fitur input, lalu klik OK untuk mengimpor kelas fitur.

2. Selanjutnya, buat topologi baru. Klik kanan LandSoil di pohon Katalog, arahkan ke Baru, dan pilih Topologi. Klik Berikutnya di dua panel pertama. Di panel ketiga, centang landuse dan soils untuk berpartisipasi dalam topologi. Panel keempat memungkinkan Anda mengatur peringkat untuk kelas fitur yang berpartisipasi. Fitur dalam kelas fitur dengan peringkat yang lebih tinggi cenderung tidak berpindah. Klik Berikutnya karena operasi pengeditan untuk tugas ini tidak terpengaruh oleh peringkat. Klik tombol Tambahkan Aturan di panel kelima. Pilih landuse dari daftar tarik-turun atas, pilih "Harus Dicakup Oleh Kelas Fitur" dari daftar tarik-turun Aturan, dan pilih soils dari daftar tarik-turun bawah.

Klik OK untuk menutup dialog Tambah Aturan. Klik Berikutnya, lalu Selesai untuk menyelesaikan pengaturan aturan topologi. Setelah topologi baru dibuat, klik Ya untuk memvalidasinya.

- Q5. Apa deskripsi aturan untuk "Harus Dicakup Oleh Kelas Fitur"?
3. Tambahkan dataset fitur LandSoil ke Tugas 4. Kesalahan area adalah area di mana kedua shapefile tidak sepenuhnya bertepatan. Gunakan simbol garis luar dengan warna berbeda untuk menampilkan penggunaan lahan dan tanah. Perbesar kesalahan area. Sebagian besar deviasi antara kedua kelas fitur berada dalam radius 1 meter.

**4. Pilih Mulai Mengedit dari menu Editor.**

Klik Pilih Topologi pada bilah alat Topologi, dan pilih topologi geodatabase LandSoil\_Topo untuk melakukan pengeditan.

Klik alat Perbaiki Kesalahan Topologi pada bilah alat Topologi, lalu seret kotak untuk memilih setiap kesalahan area. Semua kesalahan area akan berubah menjadi hitam.

Klik kanan area hitam dan pilih Kurangi.

Perintah "Kurangi" menghapus area yang tidak umum untuk kedua kelas fitur. Dengan kata lain, "Kurangi" memastikan bahwa, setelah pengeditan, setiap bagian dari luas area yang dicakup oleh LandSoil akan memiliki data atribut dari kedua kelas fitur.

**5. Pilih Hentikan Pengeditan dari menu tarik-turun Editor.**

Simpan hasil suntingan.

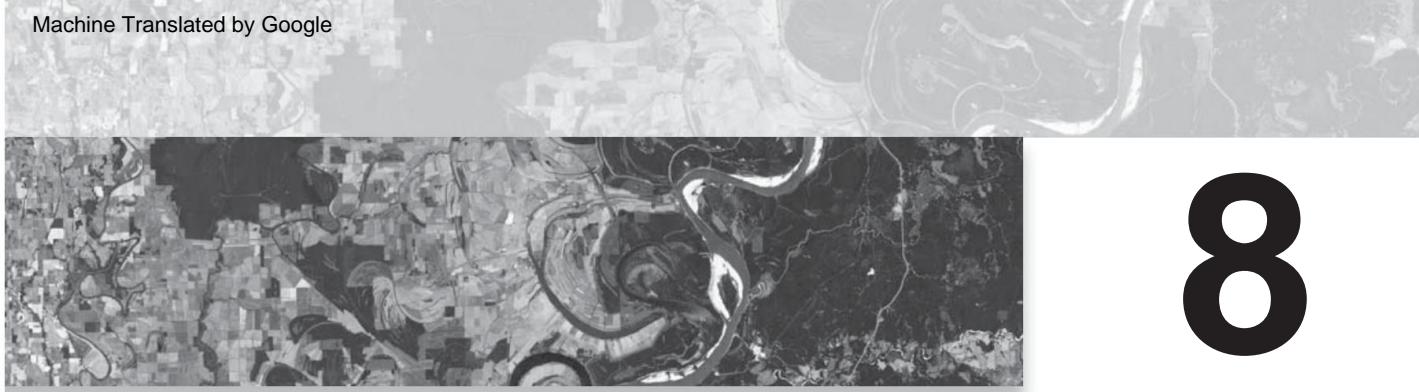
**Tugas Tantangan**

**Yang Anda butuhkan:** idroads.shp, wyroads.shp, dan idwyroads.shp.

Anda memerlukan lisensi tingkat Standar atau Lanjutan untuk mengerjakan Tugas Tantangan ini. Basis data Bab 7 berisi idroads.shp, sebuah shapefile jalan utama untuk Idaho; wyroads.shp, sebuah shapefile jalan utama untuk Wyoming; dan idwyroads.shp, sebuah shapefile gabungan jalan Idaho dan Wyoming. Ketiga shapefile tersebut diproyeksikan ke sistem koordinat Idaho Transverse Mercator (IDTM) dan diukur dalam meter. Tugas tantangan ini meminta Anda untuk memeriksa dan memperbaiki celah yang kurang dari 200 meter pada jalan-jalan di perbatasan Idaho dan Wyoming. Gunakan aturan topologi dalam model data geodatabase untuk memperbaiki masalah yang muncul di idwyroads.shp.

**REFERENSI**

- |  |  |   |
|--|--|---|
| Masyarakat Amerika untuk Fotogrametri dan Penginderaan Jauh. 1990. Standar Akurasi ASPRS untuk Peta Skala Besar.   | Standar Nasional untuk Akurasi Data Spasial, Standar Akurasi Posisi Geospasial, FGDC- STD-007.3-1998. Washington, DC: Komite Data Geografis Federal.     | Biro Anggaran AS. 1947. Standar Akurasi Peta Nasional Amerika Serikat. Washington, DC: Biro Anggaran AS.  |
| Teknik Fotogrametri dan Penginderaan Jauh 56: 1068–70.   | Guilbert, E., dan E. Saux. 2008. Generalisasi Kartografi Garis Berdasarkan Model Ular B-Spline. Jurnal Internasional Ilmu Informasi Geografis 22:847–70. | van Oosterom, PJM, dan CHJ Lemmen. 2001. Manajemen Data Spasial pada Basis Data Kadaster yang Sangat Besar. Komputer, Lingkungan, dan Sistem Perkotaan 25:509–28.   |
| Burghardt, D. 2005. Penghalusan Garis Terkendali dengan Ular. Geoinformatica 9:237–52.   | Hope, S., dan A. Kealy. 2008. Menggunakan Hubungan Topologi untuk Menginformasikan Proses Integrasi Data. Transaksi dalam GIS 12:267–83.                 | Wang, Z., dan JC Müller. 1998. Generalisasi Garis berdasarkan tentang Analisis Karakteristik Bentuk. Kartografi dan Sistem Informasi Geografis 25:3–15.   |
| Cromley, RG, dan GM Campbell. 1992. Integrasi Kuantitatif dan Kualitatif Penyederhanaan Jalur Digital. Jurnal Kartografi 29:25–30.                                       | Monmonier, M. 1996. Cara Berbohong dengan Peta, edisi ke-2. Chicago: University of Chicago Press.  | Zhou, S., dan CB Jones. 2005. Generalisasi Garis Sadar Bentuk dengan Luas Efektif Tertimbang. Dalam PF Fisher, ed., Perkembangan dalam Penanganan Spasial Simposium Internasional ke-11 tentang Penanganan Spasial, 369–80. |
| Douglas, DH, dan TK Peucker. 1973. Algoritma untuk Pengurangan Jumlah Poin yang Diperlukan untuk Mewakili Garis Digital atau Karikaturnya. Kartografer Kanada 10:110–22. | Shi, W., dan C. Cheung. 2006. Per-Evaluasi Kinerja Line Simplifikasi Algoritma Plikasi untuk Generalisasi Vektor. Jurnal Kartografi 43:27–44.            |   |
| Data Geografis Federal Komite. 1998. Bagian 3:   |  |   |



# 8

# MANAJEMEN DATA ATRIBUT

## GARIS BESAR BAB

- 8.1 Data Atribut dalam SIG
- 8.2 Model Relasional
- 8.3 Kelas Bergabung, Berhubungan, dan Berhubungan

- 8.4 Gabungan Spasial
- 8.5 Entri Data Atribut
- 8.6 Manipulasi Bidang dan Data Atribut

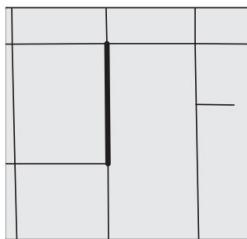
Sistem informasi geografis (SIG) melibatkan data spasial dan atribut: data spasial berkaitan dengan geometri fitur spasial, dan data atribut menggambarkan karakteristik fitur spasial. Gambar 8.1, misalnya, menunjukkan data atribut seperti nama jalan, rentang alamat, dan kode pos yang terkait dengan setiap segmen jalan dalam berkas TIGER/Line (Bab 5). Tanpa atribut, berkas TIGER/Line akan memiliki kegunaan yang terbatas.

Perbedaan antara data spasial dan atribut terdefinisi dengan baik dengan fitur-fitur diskrit seperti berkas TIGER/Line. Model data georelasional (misalnya, shapefile) menyimpan data spasial dan data atribut secara terpisah dan menghubungkan keduanya melalui ID fitur.

(Gambar 8.2). Kedua set data disinkronkan sehingga dapat dikuerti, dianalisis, dan ditampilkan secara bersamaan. Model data berbasis objek (misalnya, geodata-base) menggabungkan geometri dan atribut dalam satu sistem. Setiap fitur spasial memiliki ID objek unik dan atribut untuk menyimpan geometrinya (Gambar 8.3). Meskipun kedua model data menangani penyimpanan data spasial secara berbeda, keduanya beroperasi dalam lingkungan basis data relasional yang sama.

Oleh karena itu, materi yang dibahas dalam Bab 8 dapat diterapkan pada kedua model data vektor.

Model data raster menyajikan skenario yang berbeda dalam hal pengelolaan data. Nilai sel sesuai dengan nilai fitur kontinu di lokasi sel. Dan atribut nilai



FEDIRP	FENAME	FETYPE	FRADDL	TOADDL	FRADDR	TOADDR	ZIPL			ZIPR
N	ke-4	St	6729	7199	6758	7198	83815	83815		

**Gambar 8.1**

Setiap segmen jalan dalam shapefile TIGER/Line memiliki serangkaian atribut terkait. Atribut ini meliputi nama jalan, rentang alamat di sisi kiri dan kanan, serta kode pos di kedua sisi.

Catatan	ID Tanah	Daerah	Perimeter
1	1	106.39	495,86
2	2	8310.84	508.382,38
3	3	554.11	13.829,50
4	4	531,83	19.000,03
5	5	673,88	23.931,47

**Gambar 8.2**

Sebagai contoh model data georelasional, cakupan tanah menggunakan Soil-ID untuk menghubungkan data spasial dan atribut.

ID Objek	Nilai	Menghitung
0	160.101	142
1	160.102	tahun 1580
2	160.203	460
3	170.101	692
4	170.102	tahun 1417

**Gambar 8.4**

Tabel atribut nilai mencantumkan atribut nilai dan jumlah. Kolom Nilai menyimpan nilai sel, dan kolom Jumlah menyimpan jumlah sel dalam raster.

ID Objek Bentuk Panjang	Bentuk Luas_Bentuk	
1	Poligon	106.39
2	Poligon	8310.84
3	Poligon	554.11
4	Poligon	531,83
5	Poligon	673,88

**Gambar 8.3**

Model data berbasis objek menggunakan kolom Bentuk untuk menyimpan geometri poligon tanah. Oleh karena itu, tabel tersebut berisi data spasial dan atribut.

Tabel ini merangkum nilai sel dan frekuensinya, bukan nilai sel per sel (Gambar 8.4).

Jika nilai sel mewakili beberapa unit spasial seperti kode FIPS (Standar Pemrosesan Informasi Federal AS) daerah, kita dapat menggunakan tabel atribut nilai untuk menyimpan data tingkat daerah dan menggunakan raster untuk menampilkan data tingkat daerah tersebut.

Namun, raster selalu dikaitkan dengan kode FIPS untuk kueri dan analisis data. Hubungan erat antara raster dan variabel spasial yang diwakilinya ini memisahkan model data raster dari model data vektor dan menjadikannya manajemen data atribut sebagai topik yang jauh kurang penting untuk data raster dibandingkan data vektor.

Dengan penekanan pada data vektor, Bab 8 dibagi menjadi enam bagian berikut. Bagian 8.1 memberikan gambaran umum data atribut dalam SIG.

Bagian 8.2 membahas model relasional, normalisasi data, dan jenis hubungan data.

Bagian 8.3 menjelaskan kelas gabungan, relasi, dan relasi.

Bagian 8.4 memperkenalkan gabungan spasial, sebuah operasi yang menggunakan relasi spasial untuk menggabungkan fitur. Bagian 8.5 membahas entri data atribut, termasuk definisi kolom, metode, dan verifikasi. Bagian 8.6 membahas manipulasi kolom dan pembuatan data atribut baru dari atribut yang sudah ada.

## 8.1 ATRIBUT DATA DALAM GIS

Data atribut dalam SIG disimpan dalam tabel. Tabel atribut disusun berdasarkan baris dan kolom.

Setiap baris mewakili fitur spasial, setiap kolom menggambarkan karakteristik, dan perpotongan kolom dan baris menunjukkan nilai karakteristik tertentu untuk fitur tertentu (Gambar 8.5).

Baris juga disebut **rekaman**, dan kolom juga disebut **bidang**.

### 8.1.1 Jenis Tabel Atribut

Terdapat dua jenis tabel atribut untuk data vektor dalam SIG. Jenis pertama adalah **tabel atribut fitur**, yang memiliki akses ke geometri fitur.

Setiap set data vektor memiliki tabel atribut fitur.

Dalam kasus model data georelasional, tabel atribut fitur menggunakan ID fitur untuk menghubungkan ke geometri fitur.

Dalam kasus model data berbasis objek, tabel atribut fitur memiliki kolom yang menyimpan geometri fitur. Tabel atribut fitur juga memiliki kolom default yang merangkum geometri fitur, seperti panjang untuk fitur garis dan luas serta keliling untuk fitur poligon.

Tabel atribut fitur mungkin merupakan satu-satunya tabel yang dibutuhkan jika suatu set data hanya memiliki beberapa atribut. Namun, hal ini seringkali tidak terjadi. Misalnya, satu unit tanah dapat memiliki lebih dari 100 interpretasi tanah, properti tanah, dan data kinerja. Menyimpan semua atribut ini dalam tabel atribut fitur akan membutuhkan banyak entri berulang, sebuah proses yang membuang-buang waktu dan memori komputer. Selain itu, tabel tersebut akan sulit digunakan dan diperbarui. Inilah mengapa kita membutuhkan tabel atribut jenis kedua.

Label-ID	pH	Kedalaman	Kesuburan
1	6.8	12	Tinggi
2	4.5	4.8	Rendah

↓

→ Baris

Kolom

**Gambar 8.5**

Tabel atribut fitur terdiri dari baris dan kolom.

Tiap baris melambangkan fitur spasial, dan tiap kolom melambangkan properti atau karakteristik fitur spasial.

Jenis tabel atribut kedua ini bersifat nonspasial, artinya tabel tersebut tidak memiliki akses langsung ke geometri fitur, tetapi memiliki kolom yang menghubungkan tabel tersebut ke tabel atribut fitur kapan pun diperlukan. Tabel data nonspasial dapat berupa berkas teks yang dibatasi, berkas dBASE, berkas Excel, berkas Access, atau berkas yang dikelola oleh paket perangkat lunak basis data seperti Oracle, SQL Server, dan IBM DB2.

### 8.1.2 Manajemen Basis Data

Keberadaan tabel atribut fitur dan data nonspasial berarti bahwa SIG memerlukan **sistem manajemen basis data (DBMS)** untuk mengelola tabel-tabel ini. DBMS adalah paket perangkat lunak yang memungkinkan kita membangun dan memanipulasi basis data (Oz 2004).

DBMS menyediakan alat untuk input, pencarian, pengambilan, manipulasi, dan output data. Sebagian besar paket SIG menyertakan alat manajemen basis data untuk basis data lokal. Misalnya, ArcGIS menggunakan Microsoft Access untuk mengelola geodatabase pribadi.

Penggunaan DBMS memiliki keunggulan lain di luar aplikasi SIG-nya. Seringkali, SIG merupakan bagian dari sistem informasi perusahaan, dan data atributif yang dibutuhkan untuk SIG dapat berada di berbagai departemen dalam organisasi yang sama. Oleh karena itu, SIG harus berfungsi dalam sistem informasi secara keseluruhan dan berinteraksi dengan teknologi informasi lainnya.

Selain perangkat manajemen basis data untuk mengelola basis data lokal, banyak paket SIG juga memiliki kemampuan koneksi basis data untuk mengakses basis data jarak jauh. Hal ini penting bagi pengguna SIG yang secara rutin mengakses data dari basis data terpusat. Misalnya, pengguna SIG di kantor distrik jagawana dapat secara rutin mengambil data yang disimpan di kantor pusat hutan nasional. Skenario ini merepresentasikan sistem basis data terdistribusi klien-server (Arvanitis dkk. 2000). Secara tradisional, klien (misalnya, pengguna kantor distrik) mengirimkan permintaan ke server, mengambil data dari server, dan memproses data di komputer lokal. Seiring dengan semakin banyaknya organisasi yang mengadopsi komputasi awan dalam operasi mereka, opsi lain pun tersedia: klien dapat mengakses basis data terpusat melalui peramban web dan bahkan dapat memproses data dari server.

data di sisi server (Zhang, Cheng, dan Boutaba 2010).

### 8.1.3 Jenis Data Atribut

Salah satu metode untuk mengklasifikasikan data atribut adalah berdasarkan tipe data. Tipe data menentukan bagaimana suatu atribut disimpan dalam SIG. Informasi tipe data biasanya disertakan dalam metadata data geospasial (Bab 5). Tergantung pada paket SIG, tipe data yang tersedia dapat bervariasi. Tipe data yang umum adalah angka, teks (atau string), tanggal, dan objek biner besar (BLOB). Angka mencakup integer (untuk angka tanpa digit desimal) dan float atau floating point (untuk angka dengan digit desimal).

Selain itu, tergantung pada memori komputer yang digunakan, bilangan bulat dapat berupa bilangan pendek atau panjang, dan bilangan float dapat berupa presisi tunggal atau presisi ganda (Kotak 8.1). BLOB menyimpan gambar, multimedia, dan geometri fitur sebagai deret bilangan biner yang panjang (Kotak 8.2).

Metode lain adalah mendefinisikan data atribut berdasarkan skala pengukuran. Konsep skala pengukuran mengelompokkan data atribut menjadi data nominal, ordinal, interval, dan rasio, dengan tingkat kecanggihan yang semakin meningkat (Stevens 1946). **Data nominal** mendeskripsikan berbagai jenis atau kategori data, seperti jenis penggunaan lahan atau jenis tanah. **Data ordinal** membedakan data berdasarkan hubungan peringkat. Misalnya, erosi tanah dapat diurutkan dari

#### Kotak 8.1 Pemilihan Tipe Data Numerik

**A** Bidang numerik dapat disimpan sebagai bilangan bulat atau float, tergantung pada apakah nilai numerik tersebut memiliki nilai pecahan atau tidak. Namun, bagaimana kita bisa memilih antara Bilangan bulat pendek atau panjang, dan antara bilangan float presisi tunggal atau ganda? Pilihannya dapat didasarkan pada dua pertimbangan. Yang pertama adalah jumlah digit yang dapat dimiliki oleh nilai numerik. Bilangan bulat pendek memungkinkan 5 digit; bilangan bulat panjang 10; bilangan float presisi tunggal 6 hingga 9; dan

float presisi ganda 15 hingga 17. Pertimbangan kedua adalah jumlah byte yang dibutuhkan tipe data.

Bilangan bulat pendek membutuhkan penyimpanan data sebesar 2 byte; bilangan bulat panjang 4; bilangan float presisi tunggal 4; dan bilangan float presisi ganda 8. Jika memungkinkan, tipe data berukuran byte yang lebih kecil direkomendasikan karena tidak hanya akan mengurangi jumlah penyimpanan tetapi juga meningkatkan kinerja dalam akses data.

#### Kotak 8.2 Apa itu BLOB?

BLOB, atau objek besar biner, berbeda dari Tipe data "tradisional" berupa angka, teks, dan tanggal karena digunakan untuk menyimpan blok data besar seperti koordinat (untuk geometri fitur), gambar, atau multimedia dalam urutan panjang angka biner dalam 1 dan 0. Koordinat untuk geometri fitur adalah

disimpan dalam tabel terpisah untuk cakupan dan shapefile (Bab 3), tetapi disimpan dalam bidang BLOB untuk geodatabase. Selain memanfaatkan teknologi yang tersedia, penggunaan bidang BLOB lebih efisien daripada menggunakan tabel terpisah untuk akses dan pengambilan data.

parah hingga sedang hingga ringan. **Data interval** memiliki interval antar nilai yang diketahui. Misalnya, pembacaan suhu 70°F lebih hangat daripada 60°F sebesar 10°F. **Data rasio** sama dengan data interval, kecuali bahwa data rasio didasarkan pada nilai nol absolut atau bermakna. Kepadatan populasi merupakan contoh data rasio karena kepadatan 0 adalah nol absolut. Perbedaan skala pengukuran penting untuk analisis statistik karena berbagai jenis uji (misalnya, uji parametrik vs. nonparametrik) dirancang untuk data pada skala yang berbeda. Hal ini juga penting untuk tampilan data karena salah satu penentu dalam memilih simbol peta adalah skala pengukuran data yang akan ditampilkan (Bab 9).

Nilai sel raster sering dikelompokkan menjadi kategorikal dan numerik (Bab 4). Data kategorikal mencakup data nominal dan ordinal, sedangkan data numerik mencakup data interval dan rasio.

## 8.2 MODEL RELASIONAL

Basis data adalah kumpulan tabel yang saling terkait dalam format digital. Setidaknya empat jenis desain basis data telah diusulkan dalam literatur: berkas datar, hierarkis, jaringan, dan relasional (Gambar 8.6).

(Jackson 1999)

Berkas **datar** berisi semua data dalam tabel besar. Tabel atribut fitur seperti berkas datar. Contoh lainnya adalah spreadsheet yang hanya berisi data atribut. **Basis data hierarkis** mengatur datanya pada berbagai tingkatan dan hanya menggunakan hubungan satu-ke-banyak antar tingkatan. Contoh sederhana pada Gambar 8.6 menunjukkan tingkatan hierarkis zonasi, persil, dan pemilik. Berdasarkan hubungan satu-ke-banyak, setiap tingkatan dibagi menjadi beberapa cabang. **Basis data jaringan** membangun koneksi antar tabel, seperti yang ditunjukkan oleh hubungan antar tabel pada Gambar 8.6.

Masalah umum pada desain basis data hierarkis dan jaringan adalah bahwa hubungan (yaitu, jalur akses) antar tabel harus diketahui sebelumnya dan terintegrasi ke dalam basis data pada saat perancangan (Jackson 1999). Persyaratan ini cenderung membuat basis data menjadi rumit dan tidak fleksibel serta membatasi aplikasi basis data.

Paket GIS, baik komersial maupun sumber terbuka, biasanya menggunakan model relasional untuk manajemen basis data (Codd 1970, 1990; Date 1995).

Basis **data relasional** adalah kumpulan tabel, juga disebut relasi, yang dapat dihubungkan satu sama lain dengan kunci.

**Kunci utama** mewakili satu atau lebih atribut yang nilainya dapat mengidentifikasi rekaman dalam tabel secara unik. Nilai kunci utama tidak boleh kosong dan tidak boleh berubah.

Kunci **asing** adalah satu atau lebih atribut yang merujuk ke kunci utama di tabel lain. Selama fungsinya sama, kunci utama dan kunci asing tidak harus memiliki nama yang sama. Namun dalam SIG, keduanya seringkali memiliki nama yang sama, misalnya ID fitur. Dalam hal ini, ID fitur juga disebut kolom umum. Pada Gambar 8.6, Kode Zona adalah kolom umum yang menghubungkan zonasi dan parsel, dan PIN (nomor ID parsel) adalah kolom umum yang menghubungkan parsel dan pemilik. Ketika digunakan bersama-sama, kolom-kolom tersebut dapat menghubungkan zonasi dan pemilik.

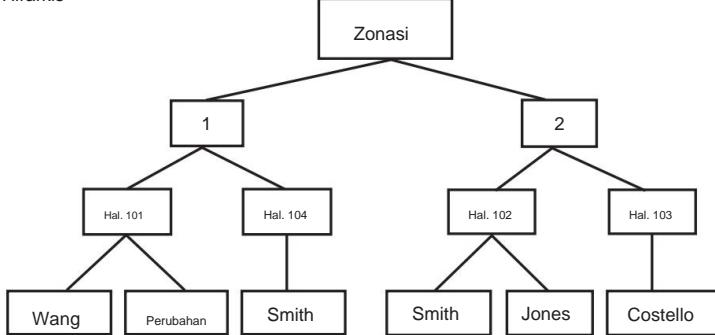
Dibandingkan dengan desain basis data lainnya, basis data relasional memiliki dua keunggulan tersendiri (Carleton dkk. 2005). Pertama, setiap tabel dalam basis data dapat disiapkan, dipelihara, dan diedit secara terpisah dari tabel lainnya. Hal ini penting karena, dengan semakin populernya teknologi SIG, semakin banyak data yang direkam dan dikelola dalam unit spasial. Kedua, tabel-tabel tersebut dapat tetap terpisah hingga kueri atau analisis mengharuskan data atribut dari tabel yang berbeda ditautkan bersama. Karena kebutuhan untuk menautkan tabel seringkali bersifat sementara, basis data relasional efisien untuk manajemen data dan pemrosesan data. Meskipun basis data relasional sederhana dan fleksibel untuk digunakan, tetapi memerlukan perencanaan sebelumnya. Sebuah proyek SIG dapat dimulai dengan basis data berkas datar dan, seiring dengan perluasan proyek, bermigrasi ke basis data relasional untuk memungkinkan penambahan variabel baru dengan lebih mudah dan untuk peningkatan jumlah data (Blanton dkk. 2006).

Basis data spasial, seperti basis data SIG, disebut sebagai basis data relasional yang diperluas karena, selain data deskriptif (atribut), juga mencakup data spasial seperti posisi dan luasan (Güting 1994). Mengikuti konsep ini, beberapa peneliti menyebut SIG sebagai sistem manajemen basis data spasial (misalnya, Shekhar dan Chawla 2003).

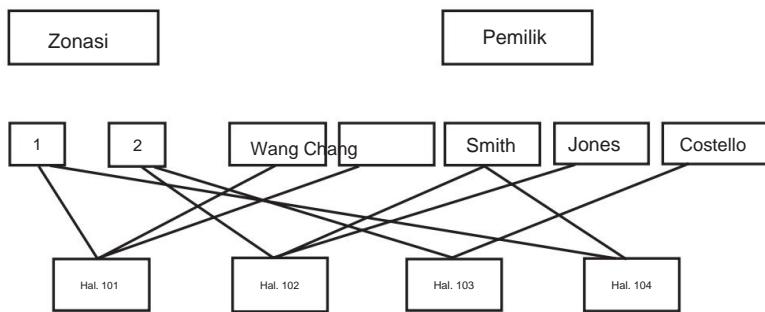
(a) Berkas datar

PIN	Pemilik	Zonasi
Hal. 101	Wang	Perumahan (1)
Hal. 101	Perubahan	Perumahan (1)
Hal. 102	Smith	Komersial (2)
Hal. 102	Jones	Komersial (2)
Hal. 103	Costello	Komersial (2)
Hal. 104	Smith	Perumahan (1)

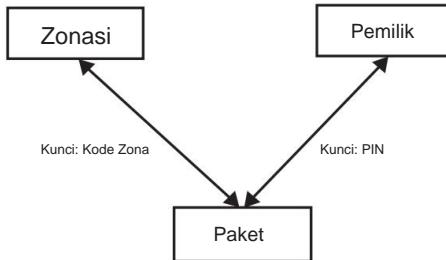
(b) Hirarkis



(c) Jaringan



(d) Relasional

**Gambar 8.6**

Empat jenis desain basis data: (a) file datar, (b) hierarkis, (c) jaringan, dan (d) relasional.

Model data georelasional (Bab 3) menangani data spasial dalam subsistem dan data atribut dalam sistem manajemen basis data relasional (RDBMS) dan menghubungkan kedua komponen tersebut menggunakan penunjuk seperti ID fitur. Geodatabase (Bab 3) mengintegrasikan data spasial dan atribut ke dalam satu basis data, sehingga menyederhanakan proses penautan kedua komponen. Keterkaitan atau integrasi ini penting karena SIG harus mampu menangani geometri fitur (misalnya, titik, garis, dan poligon) dan hubungan spasial antar fitur (misalnya, hubungan topologi), selain atribut fitur (Rigauz, Scholl, dan Voisard 2002).

## 8.2.1 SSURGO: Contoh Basis Data Relasional

Keunggulan basis data relasional telah mendorong banyak instansi pemerintah untuk mengadopsinya guna memelihara data mereka. Misalnya, Biro Sensus AS beralih dari sistem basis data internal ke basis data relasional untuk mengelola basis data MAF/TIGER (Galdi 2005). Pada bagian ini, basis data **Soil Survey Geographic (SSURGO)** dari Natural Resources Conservation Service (NRCS) digunakan sebagai contoh (<http://soils.usda.gov/>). NRCS mengumpulkan data SSURGO dari pemetaan lapangan, mengarsipkan data dalam satuan kuadran 7,5 menit, dan mengelola basis data berdasarkan area survei tanah. Area survei tanah dapat terdiri dari satu county, beberapa county, atau bagian dari beberapa county. Basis data SSURGO merupakan pemetaan tanah paling detail yang dilakukan oleh NRCS di Amerika Serikat.

Basis data SSURGO terdiri dari data spasial dan data tabular. Untuk setiap wilayah survei tanah, data spasial tersebut berisi peta tanah yang detail. Peta tanah terdiri dari unit-unit peta tanah, yang masing-masing dapat terdiri dari satu atau lebih poligon yang tidak bersebelahan. Sebagai unit area terkecil untuk pemetaan tanah, unit peta tanah mewakili sekumpulan wilayah geografis yang cocok untuk strategi pengelolaan penggunaan lahan umum. Interpretasi dan karakteristik unit peta tanah disediakan oleh hubungan antara

Peta dan data tanah terdapat dalam lebih dari 70 tabel dalam basis data SSURGO. NRCS menyediakan deskripsi tabel-tabel ini dan kunci untuk menghubungkannya.

Ukuran basis data SSURGO yang sangat besar mungkin terasa membingungkan pada awalnya. Namun, basis data ini tidak sulit digunakan jika kita memiliki pemahaman yang baik tentang model relasionalnya. Di Bagian 8.2.3, kami menggunakan basis data SSURGO untuk mengilustrasikan jenis-jenis hubungan antar tabel. Bab 10 menggunakan basis data ini sebagai contoh untuk eksplorasi data.

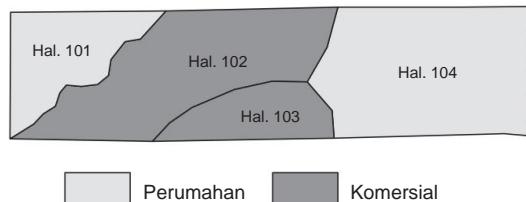
### 8.2.2 Normalisasi

Mempersiapkan basis data relasional seperti SSURGO harus mengikuti aturan-aturan tertentu. Salah satu aturan penting adalah normalisasi. **Normalisasi** adalah proses dekomposisi, yaitu mengambil sebuah tabel berisi semua data atribut dan memecahnya menjadi tabel-tabel kecil dengan tetap mempertahankan hubungan yang diperlukan di antara tabel-tabel tersebut (Vetter 1987). Normalisasi dirancang untuk mencapai tujuan-tujuan berikut:

- Untuk menghindari data yang berlebihan dalam tabel yang membuang-buang ruang dalam database dan dapat menimbulkan masalah integritas data;
- Untuk memastikan bahwa data atribut dalam tabel terpisah dapat dipelihara dan diperbarui secara terpisah dan dapat dihubungkan kapan pun diperlukan; dan
- Untuk memfasilitasi basis data terdistribusi.

Contoh normalisasi ditawarkan di sini.

Gambar 8.7 menunjukkan empat bidang tanah, dan Tabel 8.1



**Gambar 8.7**

Peta menunjukkan empat bidang tanah dengan PIN P101, P102, P103, dan P104. Dua bidang tanah merupakan zona hunian, dan dua lainnya merupakan zona komersial.

**TABEL 8.1 Tabel yang Tidak Dinormalkan**

PIN	Pemilik	Alamat Pemilik	Tanggal Penjualan	Hektar	Kode Zona	Zonasi
Hal. 101	Wang	101 Oak St	Tanggal 1-10-98	1.0	1	Perumahan
	Perubahan	200 Maple St				
Hal. 102	Smith	300 Spruce Rd	Tanggal 10-6-68	3.0	2	Komersial
	Jones	105 Ash St				
Hal. 103	Costello	206 Jalan Elm	Tanggal 3-7-97	2.5	2	Komersial
Hal. 104	Smith	300 Spruce Rd	Tanggal 30-7-78	1.0	1	Perumahan

menunjukkan data atribut yang terkait dengan paket. Tabel 8.1 berisi data yang berulang: alamat pemilik diulang untuk Smith, dan zonasi perumahan dan komersial dimasukkan dua kali. Tabel ini juga berisi catatan yang tidak sama: tergantung pada bidang tanahnya, kolom pemilik dan alamat pemilik dapat memiliki satu atau dua nilai. Tabel yang tidak dinormalisasi seperti Tabel 8.1 tidak dapat dikelola atau diedit dengan mudah. Untuk memulainya, sulit untuk mendefinisikan bidang pemilik dan alamat pemilik serta menyimpan nilainya. Perubahan kepemilikan mengharuskan semua atribut diperbarui dalam tabel. Kesulitan yang sama berlaku untuk operasi seperti menambah atau menghapus nilai atribut.

Tabel 8.2 menunjukkan langkah pertama dalam normalisasi. Sering disebut bentuk normal pertama, Tabel 8.2 tidak lagi memiliki beberapa nilai dalam selnya, tetapi masalah redundansi data telah meningkat. P101 dan P102 diduplikasi kecuali untuk perubahan pemilik dan alamat pemilik. Alamat Smith dicantumkan dua kali.

Deskripsi zonasi untuk hunian dan komersial masing-masing dicantumkan tiga kali. Selain itu, identifikasi alamat pemilik tidak dapat dilakukan hanya dengan PIN, melainkan memerlukan kunci gabungan PIN dan pemilik.

Gambar 8.8 merepresentasikan langkah kedua dalam normalisasi. Langkah ini menggunakan tiga tabel kecil yang berisi bidang tanah, pemilik, dan alamat. PIN adalah kolom umum yang menghubungkan tabel bidang tanah dan tabel pemilik. Nama pemilik adalah kolom umum yang menghubungkan tabel alamat dan tabel pemilik. Hubungan antara tabel bidang tanah dan tabel alamat dapat ditentukan melalui PIN dan nama pemilik. Satu-satunya masalah dengan bentuk normal kedua adalah redundansi data dengan kolom kode zona dan zonasi.

Langkah terakhir dalam normalisasi ditunjukkan pada Gambar 8.9. Sebuah tabel baru, "zona", dibuat untuk mengatasi masalah redundansi data yang tersisa terkait zonasi. Kode zona adalah kolom umum yang menghubungkan tabel persil dan tabel zona. Data yang belum dinormalisasi pada Tabel 8.1 kini telah sepenuhnya dinormalisasi.

**TABEL 8.2 Langkah Pertama dalam Normalisasi**

PIN	Pemilik	Alamat Pemilik	Tanggal Penjualan	Hektar	Kode Zona	Zonasi
Hal. 101	Wang	101 Oak St	Tanggal 1-10-98	1.0	1	Perumahan
Hal. 101	Perubahan	200 Maple St	Tanggal 1-10-98	1.0	1	Perumahan
Hal. 102	Smith	300 Spruce Rd	Tanggal 10-6-68	3.0	2	Komersial
Hal. 102	Jones	105 Ash St	Tanggal 10-6-68	3.0	2	Komersial
Hal. 103	Costello	206 Jalan Elm	Tanggal 3-7-97	2.5	2	Komersial
Hal. 104	Smith	300 Spruce Rd	Tanggal 30-7-78	1.0	1	Perumahan

Paket meja	PIN	Tanggal penjualan	Hektar	Kode zona	Zonasi
	Hal. 101	Tanggal 1-10-98	1.0	1	Perumahan
	Hal. 102	Tanggal 10-6-68	3.0	2	Komersial
	Hal. 103	Tanggal 3-7-97	2.5	2	Komersial
	Hal. 104	Tanggal 30-7-78	1.0	1	Perumahan

Tabel pemilik	PIN	Nama pemilik
	Hal. 101	Wang
	Hal. 101	Perubahan
	Hal. 102	Smith
	Hal. 102	Jones
	Hal. 103	Costello
	Hal. 104	Smith

Tabel alamat	Nama pemilik	Alamat pemilik
	Wang	101 Oak St
	Perubahan	200 Maple St
	Jones	105 Ash St
	Smith	300 Spruce Rd
	Costello	206 Jalan Elm

**Gambar 8.8**

Pisahkan tabel dari langkah kedua normalisasi. Kolom yang terkait dengan tabel akan disorot.

Paket meja	PIN	Tanggal penjualan	Hektar	Kode zona	Tabel alamat	Nama pemilik	Alamat pemilik
	Hal. 101	Tanggal 1-10-98	1.0	1		Wang	101 Oak St
	Hal. 102	Tanggal 10-6-68	3.0	2		Perubahan	200 Maple St
	Hal. 103	Tanggal 3-7-97	2.5	2		Jones	105 Ash St
	Hal. 104	Tanggal 30-7-78	1.0	1		Smith	300 Spruce Rd
						Costello	206 Jalan Elm

Tabel pemilik	PIN	Nama pemilik	Daerah meja	Kode zona	Zonasi
	Hal. 101	Wang		1	Perumahan
	Hal. 101	Perubahan		2	Komersial
	Hal. 102	Smith			
	Hal. 102	Jones			
	Hal. 103	Costello			
	Hal. 104	Smith			

**Gambar 8.9**

Pisahkan tabel setelah normalisasi. Kolom yang terkait dengan tabel disorot.

Bentuk normal yang lebih tinggi daripada yang ketiga dapat mencapai tujuan yang konsisten dengan model relasional, tetapi dapat memperlambat akses data dan menciptakan biaya pemeliharaan yang lebih tinggi (Lee 1995). Untuk menemukan alamat pemilik parsel, misalnya, kita harus menghubungkan tiga tabel (parsel, pemilik, dan alamat) menggunakan dua kolom (PIN dan nama pemilik). Salah satu cara untuk meningkatkan kinerja akses data adalah dengan mengurangi tingkat normalisasi, misalnya dengan menghapus tabel alamat dan memasukkan alamat-alamat tersebut ke dalam tabel pemilik. Oleh karena itu, normalisasi harus dipertahankan dalam desain konseptual basis data, tetapi kinerja dan faktor-faktor lain harus dipertimbangkan dalam desain fisiknya (Moore 1997).

Jika Gambar 8.9 merupakan langkah terakhir dalam normalisasi, maka dalam SIG tabel persil dapat digabungkan ke dalam tabel atribut fitur peta persil, dan tabel lainnya dapat disiapkan sebagai tabel atribut non-spasial.

### 8.2.3 Jenis Hubungan

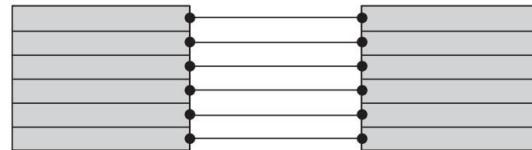
Basis data relasional dapat berisi empat jenis hubungan atau kardinalitas antar tabel atau, lebih tepatnya, antar rekaman dalam tabel: satu-ke-satu, satu-ke-banyak, banyak-ke-satu, dan banyak-ke-banyak (Gambar 8.10). **Hubungan satu-ke-satu**

berarti bahwa hanya satu rekaman dalam satu tabel yang terkait dengan hanya satu rekaman di tabel lain. **Hubungan satu ke banyak** berarti bahwa satu rekaman dalam satu tabel dapat terkait dengan banyak rekaman di tabel lain.

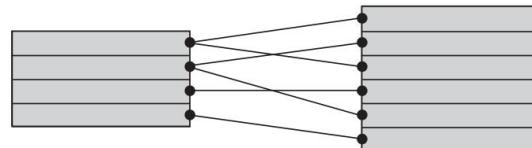
Misalnya, alamat jalan sebuah kompleks apartemen mungkin mencakup beberapa rumah tangga. Dalam arah yang berlawanan dari hubungan satu ke banyak, **hubungan banyak ke satu**

Artinya, banyak catatan dalam satu tabel dapat dikaitkan dengan satu catatan di tabel lain. Misalnya, beberapa rumah tangga mungkin memiliki alamat jalan yang sama. **Hubungan banyak ke banyak** berarti banyak catatan dalam satu tabel dapat dikaitkan dengan banyak catatan di tabel lain. Misalnya, satu tegakan kayu dapat menumbuhkan lebih dari satu spesies, dan satu spesies dapat tumbuh di lebih dari satu tegakan.

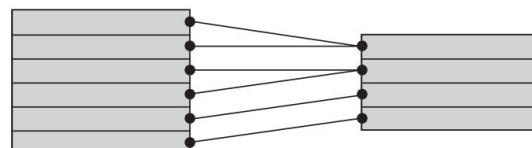
Untuk menjelaskan hubungan-hubungan ini, terutama hubungan satu-ke-banyak dan banyak-ke-satu, penunjukan asal dan tujuan dapat membantu. Misalnya,



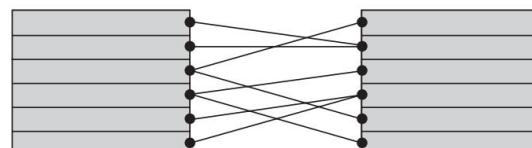
Hubungan satu-ke-satu



Hubungan satu ke banyak



Hubungan banyak ke satu



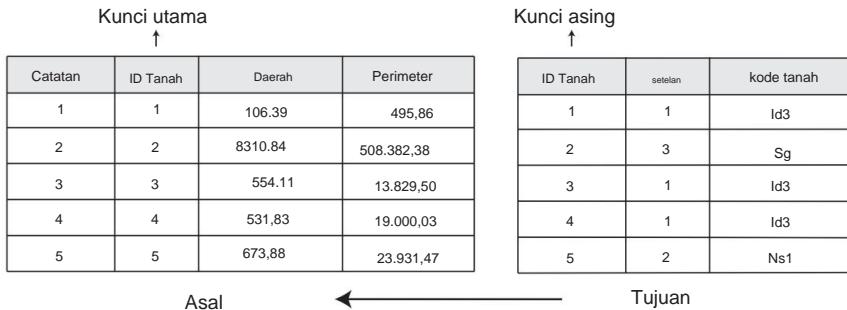
Hubungan banyak ke banyak

### Gambar 8.10

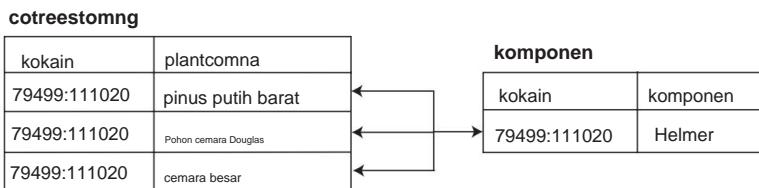
Empat jenis hubungan data antar tabel: satu-ke-satu, satu-ke-banyak, banyak-ke-satu, dan banyak-ke-banyak.

Jika tujuannya adalah untuk menggabungkan data atribut dari tabel non-spasial ke tabel atribut fitur, maka tabel atribut fitur adalah asal dan tabel lainnya adalah tujuan (Gambar 8.11). Tabel atribut fitur memiliki kunci utama dan tabel lainnya memiliki kunci asing. Seringkali, penentuan asal dan tujuan bergantung pada penyimpanan data dan informasi yang dicari. Hal ini dilustrasikan dalam dua contoh berikut.

Contoh pertama mengacu pada empat tabel yang dinormalisasi, yaitu parsel, pemilik, alamat, dan zona pada Gambar 8.9. Misalkan pertanyaannya adalah mencari siapa pemilik parsel yang dipilih. Untuk menjawab pertanyaan ini, kita dapat memperlakukan tabel parsel sebagai asal dan tabel pemilik sebagai tujuan. Hubungan

**Gambar 8.11**

Bidang umum Soil-ID menyediakan tautan untuk menggabungkan tabel di sebelah kanan dengan tabel atribut fitur di sebelah kiri.

**Gambar 8.12**

Contoh hubungan banyak ke satu dalam basis data SSURGO ini menghubungkan tiga spesies pohon dalam satu komponen tanah dengan komponen yang sama.

antara tabel adalah satu ke banyak: satu rekaman pada tabel parsel dapat berhubungan dengan lebih dari satu rekaman pada tabel pemilik.

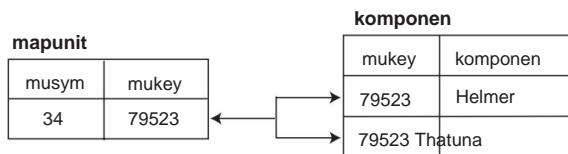
Misalkan pertanyaannya sekarang diubah untuk menemukan bidang tanah milik pemilik terpilih. Tabel pemilik menjadi asal dan tabel bidang menjadi tujuan. Hubungannya adalah banyak ke satu: lebih dari satu catatan dalam tabel pemilik dapat berkorespondensi dengan satu catatan dalam tabel bidang. Hal yang sama berlaku antara tabel bidang dan tabel zona. Jika pertanyaannya adalah menemukan kode zonasi untuk bidang tanah terpilih, maka hubungannya adalah banyak ke satu; dan jika pertanyaannya adalah menemukan bidang tanah yang dikategorikan komersial, maka hubungannya

Contoh kedua berkaitan dengan basis data SSURGO.

Sebelum menggunakan basis data ini, penting untuk memilih hubungan antar tabel. Misalnya, terdapat hubungan banyak-ke-satu antara tabel Component Trees To Manage (kotreas orang) dan tabel Component (komponen).

karena spesies pohon yang direkomendasikan berbeda dapat dikaitkan dengan komponen tanah yang sama (Gambar 8.12). Di sisi lain, hubungan satu ke banyak berlaku untuk tabel Mapunit (map-unit) dan tabel Komponen karena unit peta dapat dihubungkan ke beberapa komponen tanah (Gambar 8.13).

Selain efeknya yang jelas pada tabel penghubung, jenis hubungan juga dapat memengaruhi cara data ditampilkan. Misalkan tugasnya adalah menampilkan kepemilikan bidang tanah. Jika hubungan antara tabel bidang tanah dan kepemilikan adalah satu-ke-satu, setiap bidang tanah dapat ditampilkan dengan simbol yang unik. Jika hubungannya banyak-ke-satu, satu atau lebih bidang tanah dapat tampil dengan satu simbol. Namun, jika hubungannya satu-ke-banyak, tampilan data menjadi masalah karena tidak tepat untuk menampilkan bidang tanah dengan banyak pemilik dengan pemilik yang berada di urutan pertama dalam daftar. (Salah satu solusi untuk masalah ini adalah menggunakan desain simbol terpisah untuk kategori bidang tanah dengan banyak pemilik.)

**Gambar 8.13**

Contoh hubungan satu ke banyak dalam basis data SSURGO ini menghubungkan satu unit peta tanah dalam mapunit ke dua komponen tanah dalam komponen.

### 8.3 BERGABUNG, MENGHUBUNGKAN, DAN MENGHUBUNGKAN KELAS

Untuk memanfaatkan basis data relasional, kita dapat menautkan tabel-tabel dalam basis data untuk keperluan kueri dan manajemen data. Di sini, kita akan membahas tiga cara menautkan tabel: join, relate, dan relationship class.

#### 8.3.1 Bergabung

Operasi **join** menyatukan dua tabel dengan menggunakan field umum atau kunci utama dan kunci asing (Mishra dan Eich 1992). Contoh umum adalah menggabungkan data atribut dari satu atau lebih tabel data nonspasial ke tabel atribut fitur untuk kueri atau analisis data, seperti contoh pada Gambar 8.11, di mana kedua tabel dapat digabungkan dengan menggunakan field umum Soil-ID. Operasi join biasanya direkomendasikan untuk hubungan satu-ke-satu atau banyak-ke-satu. Dengan hubungan satu-ke-satu, dua tabel digabungkan berdasarkan rekaman. Dengan hubungan banyak-ke-satu, banyak rekaman di asal memiliki nilai yang sama dari rekaman di tujuan. Operasi join tidak sesuai dengan hubungan satu-ke-banyak atau banyak-ke-banyak karena hanya nilai rekaman pertama yang cocok dari tujuan yang ditetapkan ke rekaman di asal.

#### 8.3.2 Berkaitan

Operasi **relate** menghubungkan dua tabel untuk sementara waktu, tetapi tetap menjaga kedua tabel tersebut tetap terpisah secara fisik. Kita dapat menghubungkan tiga tabel atau lebih secara bersamaan dengan terlebih dahulu membuat relasi antar tabel yang berpasangan.

Paket GIS berbasis Windows sangat berguna untuk bekerja dengan relasi karena memungkinkan tampilan beberapa tabel. Salah satu keuntungan relasi adalah kesesuaianya untuk keempat jenis relasi. Hal ini penting untuk kueri data karena basis data relasional kemungkinan mencakup berbagai jenis relasi. Namun, relasi cenderung memperlambat akses data, terutama jika data berada di basis data jarak jauh.

#### 8.3.3 Kelas Hubungan

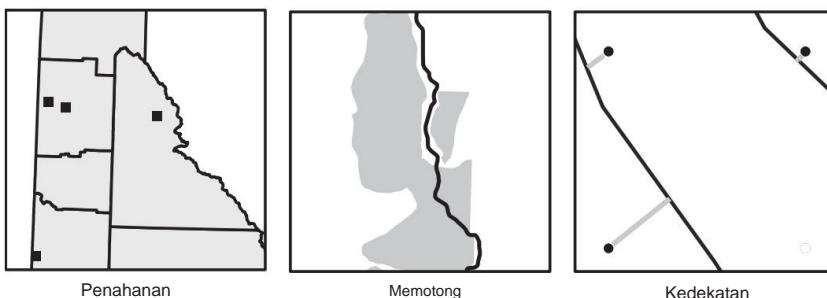
Model data berbasis objek seperti geodata-base dapat mendukung hubungan antar objek.

Ketika digunakan untuk manajemen data atribut, suatu relasi telah ditentukan sebelumnya dan disimpan sebagai kelas relasi dalam geodatabase. Kelas relasi dapat memiliki kardinalitas satu-ke-satu, banyak-ke-satu, satu-ke-banyak, dan banyak-ke-banyak. Untuk tiga relasi pertama, rekaman di asal terhubung langsung ke rekaman di tujuan, tetapi untuk relasi banyak-ke-banyak, tabel perantara harus disiapkan terlebih dahulu untuk memilih hubungan antara rekaman di asal dan tujuan.

Ketika ada dalam geodatabase, kelas relasi akan otomatis dikenali dan dapat digunakan sebagai pengganti operasi relasi. Tugas 7 di bagian aplikasi membahas pembuatan dan penggunaan kelas relasi.

### 8.4 GABUNGAN SPASIAL

Operasi **penggabungan spasial** menggunakan hubungan spasial untuk menggabungkan dua set fitur spasial dan data atributnya (Güting 1994; Rigaux et al. 2002; Jacox

**Gambar 8.14**

Operasi gabungan spasial dapat didasarkan pada hubungan topologi penahanan, perpotongan, dan kedekatan.

dan Samet 2007). Misalnya, operasi gabungan spasial dapat menghubungkan sebuah sekolah ke kabupaten tempat sekolah tersebut berada menggunakan hubungan topologi penahanan, yaitu, sekolah tersebut berada di dalam sebuah kabupaten. Hubungan topologi lainnya dapat mencakup intersect, seperti jalan raya yang berpotongan dengan area kebakaran hutan, dan proximity, seperti jarak terdekat antara desa dan garis patahan (Gambar 8.14). Selain hubungan topologi, operasi gabungan spasial juga dapat didasarkan pada hubungan arah (misalnya, utara) dan jarak (misalnya, kurang dari 40 mil) (Güting 1994). Bab 10 akan membahas hubungan spasial sebagaimana digunakan dalam kueri spasial secara lebih rinci.

Jenis hubungan antar tabel, sebagaimana dibahas di Bagian 8.2.3, juga dapat diterapkan pada operasi penggabungan spasial. Karena hanya ada garis patahan terdekat dengan desa, pencocokan antara desa dan garis patahan bersifat satu-satu.

Dan, karena suatu daerah kemungkinan besar berisi lebih dari satu sekolah, pencocokan daerah dan sekolah bersifat satu-ke-banyak (yakni, satu daerah ke banyak sekolah).

## 8.5 ENTRI DATA ATRIBUT

Memasukkan data atribut seperti mendigitalkan peta kertas. Prosesnya meliputi pengaturan atribut yang akan dimasukkan, pemilihan metode digitalisasi, dan verifikasi nilai atribut.

### 8.5.1 Definisi Lapangan

Langkah pertama dalam entri data atribut adalah mendefinisikan setiap kolom dalam tabel. Definisi kolom biasanya mencakup nama kolom, panjang kolom, tipe data, dan jumlah digit desimal. Panjang kolom mengacu pada jumlah digit yang akan dicadangkan untuk suatu kolom. Panjang kolom harus cukup besar untuk angka terbesar, termasuk tanda, atau string terpanjang dalam data. Tipe data harus mengikuti tipe data yang diizinkan dalam paket GIS. Jumlah digit desimal merupakan bagian dari definisi untuk tipe data float. (Dalam ArcGIS, istilah presisi mendefinisikan panjang kolom, dan istilah skala mendefinisikan jumlah digit desimal, untuk tipe data float.)

Definisi bidang menjadi properti dari bidang tersebut. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan bagaimana bidang tersebut akan digunakan sebelum mendefinisikannya. Misalnya, kunci unit peta dalam basis data SSURGO didefinisikan sebagai teks, meskipun muncul sebagai angka seperti 79522 dan 79523. Tentu saja, angka-angka kunci unit peta ini tidak dapat digunakan untuk komputasi.

### 8.5.2 Metode Entri Data

Misalkan sebuah peta memiliki 4000 poligon, masing-masing dengan 50 bidang data atribut. Ini mungkin memerlukan 200.000 nilai yang harus dimasukkan. Bagaimana cara mengurangi waktu dan upaya dalam entri data atribut akan menarik bagi setiap pengguna SIG.

Sama seperti kita mencari data geospasial yang ada, kita harus menentukan apakah suatu lembaga sudah masuk

Data atribut dalam format digital. Jika ya, kita cukup mengimpor berkas data digital ke dalam SIG. Format data penting untuk proses impor. Paket SIG dapat mengimpor berkas dalam format teks delimited, dBASE, dan Excel. Jika berkas data atribut tidak ada, maka pengetikan adalah satu-satunya pilihan. Namun, jumlah pengetikan dapat bervariasi tergantung pada metode atau alat yang digunakan. Misalnya, alat penyunting dalam paket SIG hanya bekerja dengan satu rekaman pada satu waktu, yang bukan merupakan pilihan yang efisien. Salah satu cara untuk menghemat waktu adalah dengan mengikuti desain basis data relasional dan memanfaatkan kolom umum serta tabel pencarian.

Untuk simbol unit atau ID fitur, sebaiknya langsung dimasukkan ke dalam SIG. Hal ini karena kita dapat memilih fitur di jendela tampilan, melihat lokasi fitur tersebut di peta dasar, dan memasukkan simbol unit atau ID-nya di kotak dialog. Namun, untuk data nonspasial, sebaiknya gunakan paket pengolah kata (misalnya, Notepad) atau spreadsheet (misalnya, Excel). Paket-paket ini menawarkan fungsi potong-tempel, cari-tempel, dan fungsi lainnya, yang mungkin tidak tersedia di SIG.

### 8.5.3 Verifikasi Data Atribut

Verifikasi data atribut melibatkan dua langkah. Langkah pertama adalah memastikan bahwa data atribut terhubung dengan benar ke data spasial: ID fitur harus unik dan tidak boleh berisi nilai null. Langkah kedua adalah memverifikasi akurasi data atribut. Ketidakakuratan data dapat disebabkan oleh sejumlah faktor, termasuk kesalahan observasi, data yang kedaluwarsa, dan kesalahan entri data.

Metode yang efektif untuk mencegah kesalahan entri data adalah dengan menggunakan domain atribut dalam geodatabase (Zeiler 1999). Domain atribut memungkinkan pengguna untuk menentukan rentang nilai yang valid atau serangkaian nilai yang valid untuk suatu atribut. Misalkan zonasi bidang memiliki nilai 1 untuk residensial, 2 untuk komersial, dan 3 untuk industri untuk kelas fitur bidang tanah. Rangkaian nilai zonasi ini dapat diterapkan setiap kali zonasi bidang diedit. Oleh karena itu, jika nilai zonasi 9 dimasukkan, nilai tersebut akan ditandai atau ditolak karena berada di luar rangkaian nilai yang valid. Kendala serupa yang menggunakan rentang numerik yang valid, alih-alih serangkaian nilai yang valid, dapat diterapkan pada ukuran kavling atau bangunan.

tinggi. Tugas 1 di bagian aplikasi menggunakan domain atribut untuk memastikan keakuratan entri data.

## 8.6 MANIPULASI BIDANG DAN DATA ATRIBUT

Manipulasi bidang dan data atribut meliputi penambahan atau penghapusan bidang dan pembuatan atribut baru melalui klasifikasi dan perhitungan data atribut yang ada.

### 8.6.1 Menambah dan Menghapus Bidang

Kita sering mengunduh data dari internet untuk proyek SIG. Seringkali, kumpulan data yang diunduh berisi atribut yang jauh lebih banyak daripada yang kita butuhkan. Sebaiknya hapus kolom-kolom yang tidak diperlukan. Hal ini tidak hanya mengurangi kebingungan dalam penggunaan kumpulan data, tetapi juga menghemat waktu komputer untuk pemrosesan data. Menghapus kolom sangatlah mudah. Proses ini membutuhkan tabel atribut dan kolom dalam tabel yang akan dihapus.

Penambahan kolom diperlukan untuk klasifikasi atau komputasi data atribut. Kolom baru dirancang untuk menerima hasil klasifikasi atau komputasi. Untuk menambahkan kolom, kita harus mendefinisikannya dengan cara yang sama seperti untuk entri data atribut.

### 8.6.2 Klasifikasi Data Atribut

Klasifikasi data dapat menciptakan atribut baru dari data yang sudah ada. Misalkan Anda memiliki kumpulan data yang menggambarkan ketinggian suatu area. Kita dapat menciptakan data baru dengan mengklasifikasikan ulang ketinggian tersebut ke dalam kelompok-kelompok, seperti ketinggian <500 meter, 500 hingga 1000 meter, dan seterusnya.

Secara operasional, pembuatan data atribut baru melalui klasifikasi melibatkan tiga langkah: menentukan kolom baru untuk menyimpan hasil klasifikasi, memilih subset data melalui kueri, dan menetapkan nilai ke subset data yang dipilih. Langkah kedua dan ketiga diulang hingga semua data terklasifikasi dan diberi nilai kolom baru, kecuali jika kode komputer ditulis untuk mengotomatiskan prosedur ini (lihat Tugas 5 di bagian aplikasi). Klasifikasi data dapat menyederhanakan suatu set data sehingga set data baru tersebut dapat lebih mudah digunakan dalam tampilan dan analisis.

### 8.6.3 Perhitungan Data Atribut

Data atribut baru juga dapat dibuat dari data yang sudah ada melalui komputasi. Secara operasional, proses ini melibatkan dua langkah: mendefinisikan kolom baru, dan menghitung nilai kolom baru dari nilai atribut yang sudah ada. Komputasi dilakukan melalui rumus, yang dapat dikodekan secara manual atau menggunakan dialog dengan fungsi matematika.

Contoh perhitungannya adalah mengonversi peta jalur dari meter ke kaki dan menyimpan hasilnya dalam atribut baru. Atribut baru ini dapat dihitung dengan rumus "panjang"  $\times 3,28$ , di mana panjang adalah atribut yang sudah ada. Contoh lain adalah membuat atribut baru.

Atribut yang mengukur kualitas habitat satwa liar dengan mengevaluasi atribut kemiringan, aspek, dan elevasi yang ada. Tugas ini pertama-tama membutuhkan sistem penilaian untuk setiap variabel. Setelah sistem penilaian diterapkan, kita dapat menghitung nilai indeks untuk mengukur kualitas habitat satwa liar dengan menjumlahkan skor kemiringan, aspek, dan elevasi. Dalam beberapa kasus, bobot yang berbeda dapat diberikan untuk variabel yang berbeda. Misalnya, jika elevasi tiga kali lebih penting daripada kemiringan dan aspek, maka kita dapat menghitung nilai indeks dengan menggunakan persamaan berikut: skor kemiringan + skor aspek + 3 x skor elevasi. Bab 18 memiliki bagian tentang model indeks.

## KONSEP DAN ISTILAH UTAMA

**Sistem manajemen basis data (DBMS):** Paket perangkat lunak untuk membangun dan memanipulasi basis data untuk tugas-tugas seperti masukan data, pencarian, pengambilan, manipulasi, dan keluaran.

**Tabel atribut fitur:** Tabel atribut yang memiliki akses ke geometri fitur.

**Bidang:** Kolom dalam tabel yang mendeskripsikan atribut fitur spasial.

**Berkas datar:** Basis data yang berisi semua data dalam tabel besar.

**Kunci asing :** Satu atau lebih atribut dalam tabel yang cocok dengan kunci utama di tabel lain.

**Basis data hierarkis:** Basis data yang diorganisasikan pada berbagai tingkatan dan menggunakan asosiasi satu-ke-banyak antar tingkatan.

**Data interval :** Data dengan interval yang diketahui antara nilai-nilai, seperti pembacaan suhu.

**Gabung:** Operasi basis data relasional yang menyatukan dua tabel dengan menggunakan kunci atau bidang yang sama untuk kedua tabel.

**Hubungan banyak ke banyak:** Satu jenis hubungan data di mana banyak rekaman dalam satu tabel terkait dengan banyak rekaman di tabel lain.

**Hubungan banyak ke satu:** Satu jenis hubungan data di mana banyak rekaman dalam satu tabel terkait dengan satu rekaman di tabel lain.

**Basis data jaringan:** Basis data yang didasarkan pada koneksi bawaan antartabel.

**Data nominal :** Data yang menunjukkan berbagai jenis atau kategori berbeda, seperti jenis penggunaan lahan atau jenis tanah.

**Normalisasi:** Proses mengambil tabel dengan semua data atribut dan memecahnya menjadi tabel-tabel kecil sambil mempertahankan hubungan yang diperlukan di antara tabel-tabel tersebut dalam basis data relasional.

**Hubungan satu ke banyak:** Satu jenis hubungan data di mana satu rekaman dalam tabel terkait dengan banyak rekaman di tabel lain.

**Hubungan satu-ke-satu:** Satu jenis hubungan data di mana satu rekaman dalam satu tabel terkait dengan satu dan hanya satu rekaman di tabel lain.

**Data ordinal :** Data yang diperingkat, seperti kota besar, sedang, dan kecil.

**Kunci utama :** Satu atau lebih atribut yang dapat mengidentifikasi secara unik suatu rekaman dalam tabel.

**Data rasio :** Data yang memiliki interval tertentu antara nilai dan nilai nol yang berarti, seperti kepadatan populasi.

**Rekaman:** Baris dalam tabel yang mewakili fitur spasial.

## 166 BAB 8 Manajemen Data Atribut

**Relate:** Operasi basis data relasional yang menghubungkan dua tabel secara sementara dengan menggunakan kunci atau bidang yang sama pada kedua tabel.

**Basis data relasional:** Basis data yang terdiri dari kumpulan tabel dan menggunakan kunci untuk menghubungkan tabel-tabel tersebut.

**Basis data Geografi Survei Tanah (SSURGO):**

Sebuah basis data yang dikelola oleh Sumber Daya Alam

Layanan Konservasi, yang mengarsipkan data survei tanah dalam satuan kuadran 7,5 menit.

**Gabungan Spasial:** Operasi gabungan spasial menggunakan hubungan spasial untuk menggabungkan dua set fitur spasial dan data atributnya.

### PERTANYAAN ULASAN

1. Apa itu tabel atribut fitur?
2. Berikan contoh atribut nonspasial meja.
3. Apa perbedaan geodatabase dengan shape file dalam hal penyimpanan data atribut fitur?
4. Jelaskan empat jenis data atribut berdasarkan skala pengukuran.
5. Dapatkah Anda mengubah data ordinal menjadi data interval? Mengapa, atau mengapa tidak?
6. Jelaskan yang dimaksud dengan basis data relasional.
7. Jelaskan keuntungan dari basis data relasional.
8. Tentukan kunci utama.
9. Apa hasil dari operasi join? antara tabel zona dan tabel parcel pada Gambar 8.9 terlihat seperti apa?
10. Database yang sepenuhnya dinormalisasi mungkin melambat akses data. Untuk meningkatkan kinerja akses data, misalnya, tabel alamat pada Gambar 8.9 dapat dihapus. Bagaimana seharusnya basis data didesain ulang jika tabel alamat dihapus?
11. Berikan contoh dunia nyata (selain yang ada di Bab 8) tentang hubungan satu ke banyak.
12. Mengapa basis data SIG disebut basis data relasional yang diperluas?
13. Jelaskan persamaan dan perbedaan antara operasi join dan operasi relate.
14. "Penahanan" adalah hubungan topologi yang dapat digunakan dalam penggabungan spasial. Berikan contoh dari disiplin ilmu Anda yang menunjukkan bagaimana hal tersebut dapat digunakan.
15. Misalkan Anda telah mengunduh kumpulan data GIS. Dataset ini memiliki ukuran panjang dalam meter, bukan kaki. Jelaskan langkah-langkah yang akan Anda ikuti untuk menambahkan ukuran panjang dalam kaki ke dalam dataset ini.
16. Misalkan Anda telah mengunduh set data SIG. Tabel atribut fitur memiliki kolom yang berisi nilai seperti 12, 13, dan seterusnya. Bagaimana Anda dapat mengetahui di ArcGIS apakah nilai-nilai ini mewakili angka atau string teks?
17. Jelaskan dua cara membuat atribut baru dari atribut yang ada dalam kumpulan data.

### APLIKASI: MANAJEMEN DATA ATRIBUT

Bagian aplikasi ini mencakup manajemen data atribut dalam tujuh tugas. Tugas 1 mencakup entri data atribut menggunakan kelas fitur geodatabase. Tugas 2 dan 3 masing-masing mencakup penggabungan tabel dan relasi tabel. Tugas 4 dan 5 membuat atribut baru dengan

Klasifikasi data. Tugas 4 menggunakan metode konvensional dengan memilih subset data berulang kali dan menetapkan nilai kelas. Tugas 5, di sisi lain, menggunakan skrip Python untuk mengotomatiskan prosedur tersebut. Tugas 6 menunjukkan cara membuat atribut baru melalui

komputasi data. Tugas 7 memungkinkan Anda membuat dan menggunakan kelas relasi dalam geodatabase berkas. Gabungan spasial dibahas di Bab 10 sebagai bagian dari komputasi data spasial. pertanyaan.

### Tugas 1 Gunakan Aturan Validasi untuk Memasukkan Data Atribut

**Yang Anda butuhkan:** landat.shp, sebuah shapefile poligon dengan 19 rekaman.

Pada Tugas 1, Anda akan mempelajari cara memasukkan data atribut menggunakan kelas fitur geodatabase dan domain. Domain dan nilai kodennya dapat membatasi nilai yang akan dimasukkan, sehingga mencegah kesalahan entri data. Domain atribut merupakan salah satu aturan validasi yang tersedia di geodatabase, tetapi tidak tersedia di shapefile (Bab 3).

1. Luncurkan ArcMap. Jalankan Katalog di ArcMap, lalu hubungkan ke basis data Bab 8. Ubah nama kerangka data Tugas 1. Pertama, buat geodatabase pribadi. Klik kanan basis data Bab 8 di pohon Katalog, arahkan ke Baru, lalu pilih Geodatabase Pribadi. Ubah nama geodatabase pribadi baru menjadi land.mdb.

2. Langkah ini mengimpor landat.shp sebagai kelas fitur ke land.mdb. Klik kanan land.mdb, arahkan ke Impor, lalu pilih Kelas Fitur (tunggal).  
Gunakan tombol telusuri atau metode seret dan lepas untuk menambahkan landat.shp sebagai fitur input.  
Berilah nama kelas fitur output sebagai landat.  
Klik OK untuk menutup dialog.

3. Sekarang buat domain untuk geodatabase.  
Pilih Properti dari menu konteks land.mdb. Tab Domain pada dialog Properti Basis Data menampilkan Nama Domain, Properti Domain, dan Nilai Kode. Anda akan bekerja dengan ketiga frame tersebut. Klik sel pertama di bawah Nama Domain, lalu masukkan lucodevalue.

Klik sel di sebelah Jenis Bidang, lalu pilih Bilangan Bulat Pendek. Klik sel di sebelah Jenis Domain, lalu pilih Nilai Berkode. Klik sel pertama di bawah Kode dan masukkan 100. Klik sel di sebelah 100 di bawah Deskripsi, lalu masukkan 100-urban. Masukkan 200, 300, 400, 500, 600, dan 700 setelah 100 di bawah Kode dan masukkan

deskripsi masing-masing tentang 200-pertanian, 300-persemakmuran, 400-hutan, 500-air, 600-lahan basah, dan 700-tanah tandus.

Klik Terapkan dan tutup dialog Properti Basis Data.

- Langkah ini untuk menambahkan kolom baru ke landat dan menentukan domaininya. Klik kanan landat di land.mdb pada pohon Katalog dan pilih Properti. Pada tab Bidang, klik sel kosong pertama di bawah Nama Bidang dan masukkan lucode. Klik sel di sebelah lucode dan pilih Bilangan Bulat Pendek. Klik sel di sebelah Domain pada bingkai Properti Bidang dan pilih lucodevalue. Klik Terapkan dan tutup dialog Properti.

Q1. Sebutkan tipe data yang tersedia untuk bidang baru.

- Buka tabel atribut landat di Arc-  
Daftar isi peta. lucode muncul dengan nilai Null di bidang terakhir tabel.
- Klik tombol Editor Toolbar untuk membuka  
Bilah alat. Klik panah tarik-turun Editor dan pilih Mulai Mengedit. Klik kanan kolom LANDAT-ID dan pilih Urutkan Menaik. Sekarang Anda siap memasukkan nilai lucode. Klik sel pertama di bawah lucode dan pilih forest-land (400). Masukkan sisanya lucode sesuai tabel berikut:

Landat-ID	Lucode	Landat-ID	Lucode
59	400	69	300
60	200	70	200
61	400	71	300
62	200	72	300
63	200	73	300
64	300	74	300
65	200	75	200
66	300	76	300
67	300	77	300
68	200		

Q2. Jelaskan dengan kata-kata Anda sendiri bagaimana domain nilai kode memastikan keakuratan data atribut yang Anda masukkan pada Langkah 6.

7. Setelah Anda selesai memasukkan nilai lucode, Pilih Hentikan Pengeditan dari daftar tarik-turun Editor. Simpan hasil suntingan.

### Tugas 2 Gabung Tabel

**Yang Anda butuhkan:** wp.shp, shapefile tegakan hutan, dan wpdata.dbf, file data atribut yang berisi data vegetasi dan jenis lahan.

Tugas 2 meminta Anda untuk menggabungkan berkas dBASE ke tabel atribut fitur. Operasi penggabungan menggabungkan data atribut dari berbagai tabel menjadi satu tabel, sehingga memungkinkan penggunaan semua data atribut dalam kueri, klasifikasi, atau komputasi.

1. Masukkan bingkai data baru di ArcMap dan ganti namanya menjadi Tugas 2. Tambahkan wp.shp dan wpdata.dbf ke Tugas 2.
2. Buka tabel atribut wp dan wpdata. ID bidang pada kedua tabel akan digunakan sebagai bidang dalam menggabungkan tabel.
3. Sekarang gabungkan wpdata ke tabel atribut wp. Klik kanan wp, arahkan ke Gabung dan Relasi, lalu pilih Gabung. Di bagian atas dialog Gabung Data, pilih untuk menggabungkan atribut dari tabel. Kemudian, pilih ID pada daftar dropdown pertama, wpdata pada daftar kedua, dan ID pada daftar ketiga. Klik OK untuk menggabungkan tabel. Buka tabel atribut-at dari wp untuk melihat tabel yang telah diperluas. Meskipun kedua tabel tersebut tampak digabungkan, sebenarnya keduanya terhubung sementara. Untuk menyimpan tabel yang digabungkan secara permanen, Anda dapat mengekspor wp dan menyimpannya dengan nama yang berbeda.

### Tugas 3 Hubungkan Tabel

**Yang Anda butuhkan:** wp.shp, wpdata.dbf, dan wpact .dbf. Dua yang pertama sama seperti di Tugas 2. wpact .dbf berisi catatan aktivitas tambahan.

Pada Tugas 3, Anda akan membangun dua hubungan di antara tiga meja.

1. Pilih Data Frame dari menu Insert di ArcMap. Ganti nama bingkai data baru Tugas 3–6. Tambahkan wp.shp, wpdata.dbf, dan wpact.dbf ke Tugas 3–6.
2. Periksa kolom untuk tabel yang terkait. ID kolom harus muncul di tabel atribut wp, wpact, dan wpdata. Tutup tabel.

3. Hubungan pertama adalah antara wp dan wpdata. Klik kanan wp, arahkan ke Joins and Relates, lalu pilih Relate. Pada dialog Relate, pilih ID pada daftar dropdown pertama, wpdata pada daftar kedua, dan ID pada daftar ketiga, lalu pilih Relate1 sebagai nama relasi. Klik OK.

4. Hubungan kedua adalah antara wpdata dan wpact. Klik kanan wpdata, arahkan ke Joins and Relates, lalu pilih Relate. Di dialog Relate, pilih ID di daftar dropdown pertama, wpact

di daftar kedua, dan ID di daftar ketiga, lalu masukkan Relate2 sebagai nama relasi. Klik OK.

5. Ketiga tabel kini saling terkait. Klik kanan wpdata dan pilih Buka. Klik tombol Pilih Berdasarkan Atribut di bagian atas tabel. Pada dialog berikutnya, buat pilihan baru dengan memasukkan pernyataan SQL berikut ke dalam kotak ekspresi: "ASAL" > 0 DAN "ASAL" < = 1900. (Anda dapat mengklik dua kali "Asal" di jendela kolom dan mengklik >, <=, dan DAN untuk menampilkannya di kotak ekspresi.) Klik Terapkan. Klik Tampilkan rekaman yang dipilih di bagian bawah tabel.

6. Untuk melihat catatan mana dalam tabel atribut wp yang terkait dengan catatan yang dipilih di wpdata, ikuti langkah-langkah berikut. Klik panah tarik-turun pada Tabel Terkait, lalu pilih Relate1: wp. Tabel atribut wp menampilkan data terkait. Dan lapisan wp menampilkan lokasi data yang dipilih tersebut.

7. Anda dapat mengikuti prosedur yang sama seperti pada Langkah 6 untuk melihat rekaman mana di wpact yang terkait dengan poligon yang dipilih di wp.

**Q3.** Berapa banyak record di wpact yang dipilih pada Langkah 7?

### Tugas 4 Membuat Atribut Baru berdasarkan Klasifikasi Data

**Yang Anda butuhkan:** wpdata.dbf.

Tugas 4 menunjukkan bagaimana data atribut yang ada dapat digunakan untuk klasifikasi data dan pembuatan atribut baru.

1. Pertama klik Clear Selected Features pada Menu pilihan di ArcMap untuk menghapus pilihan. Klik jendela ArcToolbox untuk membukanya.

Klik dua kali alat Tambah Bidang di kumpulan alat Manajemen Data/Bidang. (Alternatif lain untuk alat Tambah Bidang adalah menggunakan menu Opsi Tabel di tabel wpdata.) Pilih wpdata untuk tabel input, masukkan ELEV-ZONE untuk nama bidang, pilih SHORT untuk jenisnya, dan klik OK.

2. Buka wpdata di Tugas 3–6. Klik tombol Tampilkan semua data. ELEVZONE muncul di wpdata dengan angka 0. Klik tombol Pilih Berdasarkan Atribut. Pastikan metode pemilihan adalah membuat pilihan baru. Masukkan pernyataan SQL berikut di kotak ekspresi: "ELEV"  
 $> 0 \text{ DAN } "ELEV" \leq 40$ . Klik Terapkan. Klik Tampilkan rekaman yang dipilih. Rekaman yang dipilih ini termasuk dalam kelas pertama ELEVZONE. Klik kanan kolom ELEVZONE dan pilih Kalkulator Kolom. Klik Ya untuk melakukan perhitungan di luar sesi edit. Masukkan 1 di kotak ekspresi pada dialog Kalkulator Kolom, lalu klik Oke. Rekaman yang dipilih di wpdata sekarang diisi dengan nilai 1, yang berarti semuanya termasuk dalam kelas 1.
3. Kembali ke dialog Pilih Berdasarkan Atribut. Pastikan metodenya adalah membuat pilihan baru. Masukkan pernyataan SQL: "ELEV".  
 $> 40 \text{ DAN } "ELEV" \leq 45$ . Klik Terapkan. Ikuti prosedur yang sama untuk menghitung nilai ELEV-ZONE 2 untuk data yang dipilih.
4. Ulangi prosedur yang sama untuk memilih tersisa dua kelas yaitu 46–50 dan > 50, dan menghitung nilai ELEVZONE mereka masing-masing sebesar 3 dan 4.
- Q4. Berapa banyak record yang memiliki nilai ELEVZONE 4?

### Tugas 5 Gunakan Metode Lanjutan untuk Klasifikasi Data Atribut

**Yang Anda butuhkan:** wpdata.dbf dan Expression.cal.

Pada Tugas 4, Anda telah mengklasifikasikan ELEVZONE di wpdata.dbf dengan mengulangi prosedur pemilihan subset data dan menghitung nilai kelas. Tugas ini menunjukkan cara menggunakan skrip Python dan opsi lanjutan untuk menghitung semua nilai ELEVZONE secara bersamaan.

1. Hapus catatan yang dipilih di wpdata, dengan mengklik Klik Hapus Pilihan di menu Opsi Tabel. Klik Tampilkan semua rekaman. Klik dua kali alat Tambah Bidang di perangkat Alat Manajemen Data/Bidang. Pilih wpdata untuk tabel input, masukkan ELEVZONE2 untuk nama bidang, pilih SHORT untuk jenisnya, lalu klik OK.
2. Buka wpdata di Tugas 3–6. ELEVZONE2 muncul di wpdata dengan angka 0. Untuk menggunakan opsi lanjutan, salin nilai ELEV ke ELEVZONE2 terlebih dahulu. Klik kanan ELEVZONE2 dan pilih Kalkulator Bidang. Masukkan [ELEV] di kotak ekspresi, lalu klik OK.
3. Klik kanan ELEVZONE2 dan pilih Kalkulator Bidang lagi. Kali ini Anda akan menggunakan opsi lanjutan untuk mengklasifikasikan nilai ELEV dan menyimpan nilai kelas di ELEVZONE2.  
 Pada dialog Field Calculator, centang Python sebagai Parser dan centang kotak Show Codeblock. Kemudian, klik tombol Load dan muat Expression.cal sebagai ekspresi perhitungan. Setelah berkas dimuat, Anda akan melihat kode berikut di kotak kode Pre-Logic Script:  

```
def Reclass (ELEVZONE2):
    jika (ELEVZONE2 <= 0):
        kembalikan 0
    elif (ELEVZONE2 > 0 dan
        ZONA ELEV2 <=40):
        kembalikan 1
    elif (ELEVZONE2 > 40 dan
        ZONA ELEV2 <=45):
        kembalikan 2
    elif (ELEVZONE2 > 45 dan
        ZONA ELEV2 <= 50):
        kembalikan 3
    elif (ELEVZONE2 > 50):
        kembalikan 4
```

 dan ekspresi, Reclass (!elevzone2!), di kotak di bawah "elevzone2=". Klik OK untuk menjalankan kode.
4. ELEVZONE2 sekarang diisi dengan nilai yang dihitung dengan kode Python. Nilai tersebut seharusnya sama dengan nilai di ELEVZONE.

### Tugas 6 Membuat Atribut Baru dengan Perhitungan Data

**Yang Anda butuhkan:** wp.shp dan wpdata.dbf.

Anda telah membuat kolom baru dari klasifikasi data di Tugas 4 dan 5. Metode umum lainnya untuk membuat kolom baru adalah komputasi. Tugas 6 menunjukkan bagaimana kolom baru dapat dibuat dan dihitung dari data atribut yang ada.

1. Klik dua kali alat Tambah Bidang. Pilih wp untuk tabel input, masukkan ACRES untuk nama bidang, pilih DOUBLE untuk jenis bidang, masukkan 11 untuk presisi bidang, masukkan 4 untuk skala bidang, dan klik OK.

2. Buka tabel atribut wp. Klik Tampilkan semua data. Kolom baru ACRES akan muncul di tabel dengan angka 0. Klik kanan ACRES untuk memilih Kalkulator Kolom. Klik Ya di kotak pesan. Pada dialog Kalkulator Lapangan, masukkan ekspresi berikut di kotak di bawah ini ACRES =: [AREA]/1000000 × 247,11. Klik OK. Bidang ACRES sekarang menampilkan poligon di hektar.

**Q5.** Berapa luas FID = 10 dalam hektar?

### Tugas 7 Membuat Kelas Hubungan

**Yang Anda butuhkan:** wp.shp, wpdata.dbf, dan wpact.dbf, sama seperti di Tugas 3.

Alih-alih menggunakan relasi on-the-fly seperti pada Tugas 3, Anda akan menggunakan kelas relasi pada Tugas 7 dengan terlebih dahulu mendefinisikan dan menyimpannya dalam geodatabase file. Anda memerlukan lisensi tingkat Standar atau Lanjutan untuk melakukan Tugas 7.

1. Buka jendela Katalog di ArcMap, jika perlu. Klik kanan database Bab 8 di pohon Katalog, arahkan ke Baru, lalu pilih File Geodatabase. Ganti nama geodatabase baru menjadi relclass.gdb.
  2. Langkah ini menambahkan wp.shp sebagai kelas fitur ke relclass.gdb. Klik kanan relclass.gdb, arahkan ke Impor, lalu pilih Kelas Fitur (tunggal). Gunakan tombol telusuri untuk menambahkan wp.shp sebagai fitur input. Beri nama kelas fitur output wp.
- Klik OK untuk menutup dialog.

3. Langkah ini mengimpor wpdata.dbf dan wpact.dbf sebagai tabel ke relclass.gdb. Klik kanan relclass.gdb, arahkan ke Impor, lalu pilih Tabel (multiple). Gunakan tombol telusuri untuk menambahkan wpdata.

dan wpact sebagai tabel input. Klik OK untuk menutup dialog. Pastikan relclass.gdb sekarang berisi wp, wpact, dan wpdata.

4. Klik kanan relclass.gdb, arahkan ke Baru, dan Pilih Kelas Relasi. Pertama, Anda akan membuat kelas relasi antara wp dan wpdata dalam beberapa langkah. Beri nama kelas relasi wp2data, pilih wp untuk tabel asal, wpdata untuk tabel tujuan, lalu klik Berikutnya. Gunakan relasi sederhana sebagai default.

Kemudian, tentukan wp sebagai label untuk relasi saat dilintasi dari asal ke tujuan, tentukan wpdata sebagai label untuk relasi saat dilintasi dari tujuan ke asal, dan pilih untuk tidak menyebarkan pesan. Pada dialog berikutnya, pilih kardinalitas satu-ke-satu. Kemudian, pilih untuk tidak menambahkan atribut ke kelas relasi. Pada dialog berikutnya, pilih ID untuk kunci utama dan kunci asing. Tinjau ringkasan kelas relasi sebelum mengklik Selesai.

5. Ikuti prosedur yang sama seperti pada Langkah 4 untuk Buat kelas relasi data2act antara wpdata dan wpact. ID akan kembali menjadi kunci utama sekaligus kunci asing.

6. Langkah ini menunjukkan cara menggunakan kelas relasi yang telah Anda definisikan dan simpan di relclass.gdb. Masukkan bingkai data baru di ArcMap dan ganti namanya menjadi Tugas 7. Tambahkan wp, wpact, dan wpdata dari relclass.gdb ke Tugas 7.

7. Klik kanan wpdata dan pilih Buka. Klik Pilih Berdasarkan Atribut. Pada dialog berikutnya, buat pilihan baru dengan memasukkan pernyataan SQL berikut ke dalam kotak ekspresi: ORIGIN > 0 DAN ORIGIN <= 1900. Klik Terapkan. Klik Tampilkan rekaman yang dipilih.

8. Pilih wp2data dari panah tarik-turun Tabel Terkait. Tabel atribut wp menampilkan data terkait, dan lapisan wp menampilkan lokasi data yang dipilih.

**Q6.** Berapa banyak record dalam tabel atribut wp?

dipilih pada Langkah 8?

**9.** Anda dapat menggunakan kelas relasi data2act untuk menemukan rekaman terkait di wpact.

### Tugas Tantangan

**Yang Anda butuhkan:** bailecor\_id.shp, sebuah shapefile yang menampilkan ekoregion Bailey di Idaho. Set data diproyeksikan ke sistem koordinat Idaho Transverse Mercator dan diukur dalam meter.

Tugas tantangan ini meminta Anda untuk menambahkan bidang ke bailecor\_id yang menunjukkan jumlah hektar untuk setiap ekoregion di Idaho.

**Q1.** Berapa hektar yang meliputi Wilayah Dataran Tinggi Owyhee?

**Q2.** Berapa hektar yang mencakup Wilayah Basalt Sungai Snake?

## REFERENSI

- Arvanitis, LG, B. Ramachandran, DP Brackett, H. Abd-El Rasol, dan X. Du. 2000. Inventarisasi Multi-Sumber Daya yang Menggabungkan GIS, GPS, dan Sistem Manajemen Basis Data: Sebuah Model Konseptual. Komputer dan Elektronika dalam Pertanian 28:89–100.
- Blanton, JD, A. Manangan, J. Manangan, CA Hanlon, D. Slate, dan CE Rupprecht. 2006. Pengembangan Alat Pemetaan Internet Real-Time Berbasis GIS untuk Pengawasan Rabies. Jurnal Internasional Geografi Kesehatan 5:47.
- Carleton, CJ, RA Dahlgren, dan KW Tate. 2005. Sebuah Relasional Basis Data untuk Pemantauan dan Analisis Fungsi Hidrologi Daerah Aliran Sungai: I. Desain Basis Data dan Kueri Terkait. Komputer & Geosains 31:393–402.
- Codd, EF 1970. Sebuah Relasional Model untuk Bank Data Bersama yang Besar. Komunikasi Asosiasi Mesin Komputasi 13: 377–87.
- Codd, EF 1990. Model Relasional untuk Manajemen Basis Data, Versi 2. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Tanggal, CJ 1995. Pengantar Sistem Basis Data. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Galdi, D. 2005. Penyimpanan Data Spasial dan Topologi dalam Sistem MAF/TIGER yang Didesain Ulang. Biro Sensus AS, Divisi Geografi.
- Gütting, RH 1994. Pengantar Sistem Basis Data Spasial. Jurnal VLDB 3:357–99.
- Jackson, M. 1999. Tiga Puluh Tahun (dan Lebih) Basis Data. Teknologi Informasi dan Perangkat Lunak 41:969–78.
- Jacox, E., dan H. Samet. 2007. Teknik Gabungan Spasial. Transaksi ACM pada Sistem Basis Data 32, 1, Artikel 7, 44 halaman.
- Lee, H. 1995. Pemberian Normalisasi Basis Data: Model Biaya/Manfaat. Information Processing & Management 31:59–67.
- Mishra, P., dan MH Eich. 1992. Pemrosesan Gabungan dalam Basis Data Relasional. Survei Komputasi ACM 24:64–113.
- Moore, RV 1997. Desain Logis dan Fisik Basis Data Studi Interaksi Darat dan Laut. Ilmu Lingkungan Total 194/195:137–46.
- Oz, E. 2004. Informasi Manajemen Sistem tion, edisi ke-4. Boston, MA: Teknologi Kursus.
- Rigaux, P., M. Scholl, dan A. Voisard. 2002. Basis Data Spasial dengan Aplikasi pada SIG. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers.
- Shekhar, S. dan S. Chawla. 2003. Basis Data Spasial: Sebuah Tur. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Stevens, SS 1946. Tentang Teori Skala Pengukuran. Sains 103:677–80.
- Vetter, M. 1987. Strategi Pemodelan Data. New York: Wiley.
- Zeiler, M. 1999. Memodelkan Dunia Kita: Panduan ESRI untuk Desain Geodatabase. Redlands, CA: Esri Press.
- Zhang, Q., L. Cheng, dan R. Boutaba. 2010. Komputasi Awan: Keadaan Terkini dan Tantangan Penelitian. Jurnal Layanan dan Aplikasi Internet 1:7–18.