

Ninth Edition

Introduction to

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

KANG-TSUNG CHANG



Mc
Graw
Hill
Education

Edisi Kesembilan

PENGANTAR GEOGRAFIS SISTEM INFORMASI

Kang-tsung Chang

Universitas Idaho





PENGANTAR SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS, EDISI KESEMBILAN

Diterbitkan oleh McGraw-Hill Education, 2 Penn Plaza, New York, NY 10121. Hak Cipta © 2019 McGraw-Hill Education. Seluruh hak cipta dilindungi undang-undang. Dicetak di Amerika Serikat. Edisi sebelumnya © 2016, 2014, dan 2012. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan sebagian atau seluruh isi publikasi ini dalam bentuk atau cara apa pun, atau menyimpan dalam basis data atau sistem pengambilan data, tanpa persetujuan tertulis sebelumnya dari McGraw-Hill Education, termasuk, namun tidak terbatas pada, dalam jaringan atau penyimpanan atau transmisi elektronik lainnya, atau disiarkan untuk pembelajaran jarak jauh.

Beberapa perlengkapan tambahan, termasuk komponen elektronik dan cetak, mungkin tidak tersedia bagi pelanggan di luar Amerika Serikat.

Buku ini dicetak pada kertas bebas asam.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 LCR/LCR 1 0 9

ISBN 978-1-259-92964-9

Nomor Telepon MHID 1-259-92964-7

Wakil Presiden Senior, Produk & Pasar: Kurt L. Strand

Wakil Presiden, Manajer Umum, Produk & Pasar: Marty Lange

Wakil Presiden, Desain & Pengiriman Konten: Kimberly Meriwether David

Direktur Pelaksana: Thomas Timp

Manajer Merek: Michael Ivanov

Direktur, Pengembangan Produk: Rose Koos

Pengembang Produk: Jodi Rhomberg

Manajer Pemasaran: Kelly Brown

Manajer Proyek Konten: Maria McGreal Pembeli:

Susan K. Culbertson

Desain: MPS Limited

Spesialis Lisensi Konten: Jacob Sullivan

Gambar Sampul: Sumber: Survei Geologi AS

Kompositor: MPS Limited

Jenis huruf: Nimbus 10/12 poin

Pencetak: LSC Communications

Semua kredit yang muncul pada halaman atau di akhir buku dianggap sebagai perpanjangan dari halaman hak cipta.

Data Katalogisasi-dalam-Penerbitan Perpustakaan Kongres

Chang, Kang-Tsung, penulis.

Pengantar sistem informasi geografis/Kang-tsung Chang, Universitas Idaho.

Edisi Kesembilan. | New York: McGraw-Hill Education, [2018] | Usia: 18+

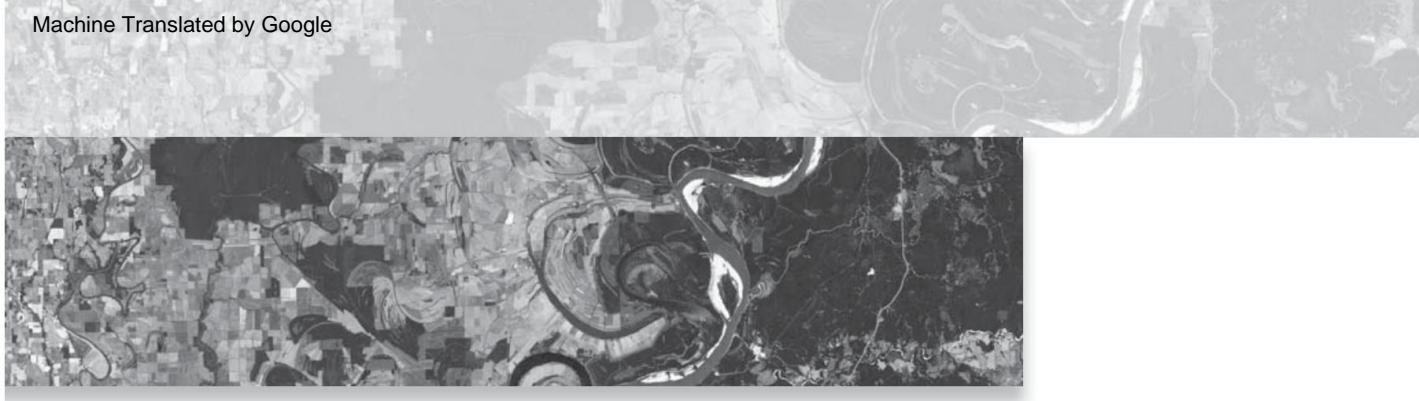
LCCN 2017049567 | ISBN 9781259929649 (kertas bebas asam) | ISBN 1259929647 (kertas bebas asam)

LCSH: Sistem informasi geografis.

LCC G70.212 .C4735 2018 | DDC 910.285—dc23

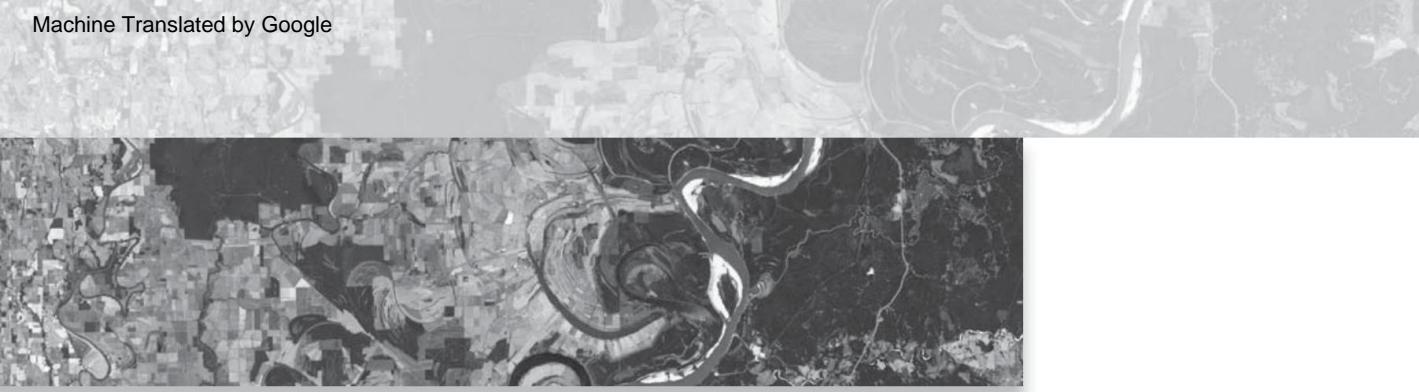
Catatan LC tersedia di <https://lccn.loc.gov/2017049567>

Alamat internet yang tercantum dalam teks akurat pada saat publikasi. Penyertaan situs web tidak menunjukkan dukungan dari penulis atau McGraw-Hill Education, dan McGraw-Hill Education tidak menjamin keakuratan informasi yang disajikan di situs-situs tersebut.



ISI SINGKAT

1 Pendahuluan 1	11 Analisis Data Vektor 229
2 Sistem Koordinat 22	12 Analisis Data Raster 258
3 Model Data Vektor 46	13 Pemetaan dan Analisis Medan 279
4 Model Data Raster 71	14 Analisis Daerah Pandang dan Daerah Aliran Sungai 303
5 Akuisisi Data GIS 93	15 Interpolasi Spasial 327
6 Transformasi Geometri 117	16 Geocoding dan Segmentasi Dinamis 356
7 Akurasi dan Kualitas Data Spasial 133	17 Analisis Jalur Biaya Terendah dan Jaringan Analisis 378
8 Manajemen Data Atribut 151	18 Model dan Pemodelan GIS 402
9 Tampilan Data dan Kartografi 172	
10 Eksplorasi Data 204	



ISI

Kata Pengantar xiv

BAB 1

PENDAHULUAN 1

1.1 SIG 2

 1.1.1 Komponen GIS 3 1.1.2 Sejarah

 Singkat GIS 3 1.1.3 Produk Perangkat

 Lunak GIS 4

 Kotak 1.1 Daftar Komersial dan Bebas dan Terbuka

 Paket GIS Sumber 5 Kotak

 1.2 ArcGIS 5

1.2 Elemen SIG 6

 1.2.1 Data Geospasial 6 1.2.2

 Akuisisi Data 8 1.2.3 Manajemen

 Data Atribut 8 1.2.4 Tampilan Data 8 1.2.5

 Eksplorasi Data 9 1.2.6

 Analisis Data 9 1.3 Aplikasi GIS

 10 Kotak 1.3 Daftar Aplikasi

GIS 11 Kotak 1.4 Pertanian Presisi

 12 Kotak 1.5 Layanan Berbasis Lokasi dan

 Sosial

 Jaringan 12 1.4

Integrasi GIS, Web 2.0, dan Mobile

 Teknologi 12 1.4.1

 Pemetaan Web 13 1.4.2

 Pemetaan Mashup 13 1.4.3

 Pemetaan Web Kolaboratif 13 1.4.4 Informasi

 Geografis Sukarela 14

1.4.5 Eksplorasi Data Geososial 14

1.5 Organisasi Buku Ini 14 1.6 Konsep dan

Praktik 15 Konsep dan Istilah Kunci 15

Pertanyaan Tinjauan 16 Aplikasi:

Pendahuluan 17 Tugas 1

Pendahuluan ArcCatalog 17 Tugas 2

Pendahuluan ArcMap 18 Tugas Tantangan 20

Referensi 20

BAB 2

SISTEM KOORDINAT 22

2.1 Sistem Koordinat Geografis 23

 2.1.1 Aproksimasi Bumi 24 2.1.2 Datum 25

 2.1.3 NAD27 dan NAD83 25

 Kotak 2.1 Akurasi Datum 26

 2.1.4 WGS84 27

 2.2 Proyeksi Peta 27 Kotak 2.2

 Cara Mengukur Jarak pada Peta

 Permukaan Bumi 27

 2.2.1 Jenis-jenis Proyeksi Peta 28 2.2.2

 Parameter Proyeksi Peta 29 2.3 Proyeksi Peta

 yang Umum Digunakan 31 2.3.1 Mercator Transversal

 31

 2.3.2 Lambert Konformal Kerucut 32

 2.3.3 Kerucut Albers dengan Luas yang Sama 32

2.3.4 Kerucut Ekuidistan 33	2.3.5	3.4.3 Geodatabase 56
Jaring Mercator 33		Kotak 3.3 ArcObjects dan ArcGIS 57
2.4 Sistem Koordinat yang Diproyeksikan 33		Kotak 3.4 Topologi atau Tanpa Topologi 58
Kotak 2.3 Skala Peta 33		3.4.4
2.4.1 Grid Mercator Transversal Universal		Aturan Topologi 58
Sistem 34		3.4.5
2.4.2 Sistem Grid Stereografi Polar Universal 35	2.4.3	Keuntungan Geodatabase 59
Sistem		Kotak 3.5 NHDinGEO
Koordinat Bidang Negara 35	2.4.4	59
Publik 36	2.5	3.5 Representasi Fitur Komposit 60
Pilihan Sistem Koordinat dalam SIG 37		3.5.1 TIN 60
2.5.1 File Proyeksi 37	2.5.2	
Sistem Koordinat yang Telah Ditetapkan 37	Kotak	3.5.2 Wilayah 61
2.4 Contoh File Proyeksi 38	2.5.3 Proyeksi	3.5.3
Langsung 38		Rute 63
Kotak 2.5 Alat GIS untuk Bekerja dengan		Konsep dan Istilah Kunci 64
Sistem Koordinat 39	Konsep	Pertanyaan Tinjauan 65
dan Istilah Kunci 39	Pertanyaan	Aplikasi: Model Data Vektor 66
Tinjauan 41	Aplikasi: Sistem	Tugas 1 Periksa Struktur File Data Cakupan
Koordinat 41	Tugas 1 Proyek dari Geografis ke	dan Shapefile 66
Proyeksi		Tugas 2 Membuat File Geodatabase, Dataset Fitur,
Sistem Koordinat 42		dan Kelas Fitur 67
Tugas 2 Mengimpor Sistem Koordinat 43		Tugas 3 Mengonversi Shapefile ke Personal
Tugas 3 Proyek Menggunakan Predefined		Kelas Fitur Geodatabase 68
Sistem Koordinat 43		Tugas 4 Periksa Polylines dengan Ukuran 68
Tugas 4 Memproyeksikan Ulang Sistem Koordinat 44		Tugas 5 Melihat Wilayah dan Rute 69
Tugas 5 Memproyeksikan Ulang Raster 44		Tugas 6 Lihat TIN 69
Tugas Tantangan 45		Tugas Tantangan 69
Referensi 45		Referensi 70

BAB 3

MODEL DATA VEKTOR 46

3.1 Representasi Fitur Spasial 47		4.1 Elemen Model Data Raster 72
Kotak 3.1 Spesifikasi Fitur Spasial menurut		4.1.1 Nilai Sel 73
Google, OpenStreetMap, dan GeoJSON 48	3.2	4.1.2 Ukuran Sel 73
Topologi 49		4.1.3 Kedalaman Sel 73
3.2.1 HARIMAU 49		4.1.4 Pita Raster 73
Kotak 3.2 Kedekatan dan Insidensi 50		4.1.5 Referensi Spasial 73
3.2.2 Pentingnya Topologi 51		Kotak 4.1 Volume Data Resolusi Tinggi
3.3 Model Data Georelasional 52		(SPOT 5) dan Resolusi Sangat Tinggi (IKONOS)
3.3.1 Cakupan 52	3.3.2	Citra Satelit 74
Struktur Data Cakupan 52	3.3.3	4.2 Citra
54	Shapefile	Satelit 75
Objek 55	3.4.1 Kelas dan Hubungan Kelas	4.2.1 Landsat 75
55	54.2 Antarmuka 56	4.2.2 TITIK 76
		4.2.3 Dunia Digital 77
		4.2.4 Sentinel 77
		4.2.5 Terra Satelit 77
		4.3 Model Elevasi Digital 77
		Kotak 4.2
		Contoh Model Elevasi Digital 77

BAB 4

MODEL DATA RASTER 71

4.3.1 Sensor Optik 78	4.3.2 InSAR 78	5.1.6 Contoh Tingkat Negara Bagian, Metropolitan, dan Data Tingkat Kabupaten 97
4.3.3 LiDAR 78		5.1.7 Data GIS dari Sumber Lain 98
4.4 Jenis Data Raster Lainnya 79	4.4.1 Ortofoto Digital 79	Kotak 5.2 Sumber Data LiDAR 98
	4.4.2 Data Penutup Lahan 80	5.2 Metadata 99
	4.4.3 File yang Dipindai Dua Tingkat 80	5.3 Konversi Data yang Ada 99
	4.4.4 Grafik Raster Digital 80	5.3.1 Terjemahan Langsung 99
	4.4.5 File Grafik 80	5.3.2 Format Netral 100
	4.4.6 Data Raster Spesifik Perangkat Lunak GIS 80	5.4 Pembuatan Data Baru 100
4.5 Struktur Data Raster 81	4.5.1 Pengodean Sel demi Sel 81	5.4.1 Data Penginderaan Jauh 101
	4.5.2 Pengodean Panjang-Jalan 82	5.4.2 Data Survei 101
	4.5.3 Quadtree 82	GPS 102
	4.5.4 Berkas Header 83	Kotak 5.3 Contoh Data GPS 103
	Kotak 4.3 Contoh File Header 84	Pelacak GPS 104 Kotak 5.5 GPS
4.6 Kompresi Data Raster 84	Kotak 4.4 Kontrol 84	dan OpenStreetMap 104 Kotak 5.6 Akurasi Posisi Unit GPS dan GPS-Ponsel yang Mendukung 105
	Contoh Wavelet Sederhana: Wavelet Haar 85	5.4.4 Berkas Teks dengan Koordinat x, y 106
4.7 Konversi dan Integrasi Data 86	4.7.1 Rasterisasi 86	Digitalisasi Menggunakan Tabel Digitalisasi 106
	4.7.2 Vektorisasi 86	5.4.6 Pemindaian 107
	4.7.3 Integrasi Data Raster dan Vektor 87	Digitalisasi di Layar 110
	Kotak 4.5 Bumi Digital 87	5.4.8 Pentingnya Peta Sumber 110
Konsep dan Istilah Kunci 88	Pertanyaan Tinjauan 88	Konsep dan Istilah Kunci 111
Pertanyaan Tinjauan 88	Aplikasi: Model Data Raster 89	Pertanyaan Tinjauan 112
	Tugas 1 Melihat dan Mengimpor Data DEM 89	Akuisisi Data GIS 112
	Tugas 2 Melihat Citra Satelit 90	Tugas 1 Unduh USGS DEM 113
	Tugas 3 Melihat Gambar Penutup Lahan 90	Tugas 2 Digitalisasi di Layar 113
	Tugas 4 Mengonversi Data Vektor ke Data Raster 90	Tugas 3 Tambahkan Data XY 114
	Tugas Tantangan 91	Tugas 4 Unduh File KML dan Tampilkan di Google Earth 115
Referensi 91		Tugas Tantangan 115
		Referensi 115

BAB 5

AKUISISI DATA GIS 93

5.1 Data GIS yang Ada 94	5.1.1 Infrastruktur Data Spasial, Clearinghouse, dan Geoportal 94
	5.1.2 Survei Geologi AS 94
	Kotak 5.1 Format Data untuk Produk USGS 95
	5.1.3 Badan Penerangan dan Antariksa Nasional Administrasi 96
	5.1.4 Biro Sensus AS 97
	5.1.5 Layanan Konservasi Sumber Daya Alam 97

BAB 6

TRANSFORMASI GEOMETRI 117

6.1 Transformasi Geometri 118	6.1.1 Transformasi Peta-ke-Peta dan Gambar-ke-Peta 118
	6.1.2 Metode Transformasi 118
	6.1.3 Transformasi Afin 119
	6.1.4 Titik Kontrol 120
	Kotak 6.1 Estimasi Koefisien Transformasi 121
	Kotak 6.2 Output dari Transformasi Affine 122

6.2 Kesalahan Root Mean Square (RMS)	122
Kotak	
6.3 RMS dari Transformasi Affine	123
6.3 Interpretasi Kesalahan RMS pada Data Digital	
Peta	121
6.4	4
Resampling Nilai Piksel	125
6.4.1 Metode	
Resampling	125
Kotak	6.4
Perhitungan untuk Interpolasi	
Bilinear	126
6.4.2	
Penggunaan Lain dari Resampling	126
Kotak	6.5
Piramida dalam Pengolahan Citra	127
Konsep dan Istilah Kunci	127
Pertanyaan Tinjauan	127
Aplikasi: Transformasi Geometri	128
Tugas 1 Georeferensi dan Memperbaiki Hasil Pindaian	
Peta	128
Tugas 2 Vektorisasi Garis Raster	129
Tugas 3 Melakukan Transformasi Gambar ke Peta	130
Tugas Tantangan	132
Referensi	132

BAB 7

AKURASI DATA SPASIAL DAN KUALITAS 133

7.1 Kesalahan Lokasi	134
7.1.1 Kesalahan Lokasi Menggunakan Data Sekunder	
Sumber	134
7.1.2 Penyebab Kesalahan Digitalisasi	134
7.1.3	
Kesalahan Lokasi Penggunaan Data Primer	
Sumber	135
7.2 Standar Akurasi Data Spasial	135
7.3 Kesalahan	
Topologi	136
Kotak	7.1
Standar	
Nasional untuk Data Spasial	
Statistik Akurasi	136
7.3.1 Kesalahan Topologi dengan Fitur Spasial	137
7.3.2	
Kesalahan Topologi antar Lapisan	138
7.4 Pengeditan	
Topologi	139
7.4.1 Toleransi Klaster	139
Kotak	7.2
Pengeditan Topologi dalam SIG	139
7.4.2 Pengeditan Menggunakan Topologi Peta	
140	7.4.3
Pengeditan Menggunakan Aturan	
Topologi	140
7.5 Pengeditan Nontopologi	140
7.5.1 Mengedit Fitur yang Ada	140
7.5.2	
Membuat Fitur dari Fitur yang Ada	141
7.6 Operasi Pengeditan Lainnya	142
7.6.1 Pencocokan Tepi	142

7.6.2 Generalisasi dan Perulusan Garis	142
Konsep dan	
Istilah Kunci	144
Pertanyaan Tinjauan	
144 Aplikasi: Akurasi dan	
Kualitas Data Spasial	145
Tugas 1 Mengedit Shapefile	145
Tugas 2 Gunakan Toleransi Cluster untuk Memperbaiki Digitalisasi	
Kesalahan Antara Dua Shapefile	146
Tugas 3 Gunakan Aturan Topologi untuk Memperbaiki Dangles	147
Tugas 4 Gunakan Aturan Topologi untuk Memastikan Dua Poligon	
Lapisan yang Saling Menutupi	149
Tugas Tantangan	150
Referensi	150

BAB 8

MANAJEMEN DATA ATRIBUT 151

8.1 Data Atribut dalam SIG	153
8.1.1 Jenis-jenis Tabel Atribut	153
8.1.2	
Manajemen Basis Data	153
8.1.3 Jenis-	
jenis Data Atribut	154
Kotak	8.1
Pemilihan	
Tipe Data Numerik	154
Kotak	8.2
Apa Itu BLOB?	154
8.2 Model Relasional	155
8.2.1 SSURGO: Basis Data Relasional	
Contoh	157
8.2.2	
Normalisasi	157
8.2.3 Jenis-jenis Relasi	160
8.3 Join,	
Relate, dan Kelas Relasi	162
8.3.1 Join	162
8.3.2 Terkait	162
8.3.3 Kelas Relasi	162
8.4 Gabung	
Spasial	162
8.5 Entri Data	
Atribut	163
8.5.1 Definisi Bidang	163
8.5.2 Metode Entri Data	163
8.5.3 Verifikasi	
Data Atribut	164
8.6 Manipulasi Field dan Data Atribut	164
8.6.1 Menambah dan	
Menghapus Field	164
8.6.2 Klasifikasi Data	
Atribut	164
8.6.3 Perhitungan Data Atribut	165
Konsep dan Istilah Kunci	165
Pertanyaan Tinjauan	166
Aplikasi: Manajemen Data Atribut	166
Tugas 1 Menggunakan Aturan Validasi untuk Memasukkan Atribut	
Data	167
Tugas 2 Gabung Tabel	168

Tugas 3 Hubungkan Tabel 168
Tugas 4 Membuat Atribut Baru berdasarkan Data Klasifikasi 168
Tugas 5 Menggunakan Metode Lanjutan untuk Data Atribut Klasifikasi 169
Tugas 6 Membuat Atribut Baru berdasarkan Data Perhitungan 170
Tugas 7 Membuat Hubungan Kelas 170
Tugas Tantangan 171
Referensi 171

BAB 9

TAMPILAN DATA DAN KARTOGRAFI 172

9.1 Representasi Kartografi 174	9.1.1 Fitur
Spasial dan Simbol Peta 174	9.1.2 Penggunaan Warna
175	
Kotak 9.1 Pilihan Simbol Peta di Google My Maps 175	
9.1.3 Klasifikasi	
Data 176	
9.1.4 Generalisasi 177	
9.2 Jenis-jenis Peta Kuantitatif 178	Kotak 9.2
Menentukan Titik pada Peta Titik 180	Kotak 9.3
Pemetaan Turunan dan Absolut	
Nilai 180	
9.3 Tipografi 181	9.3.1
Variasi Jenis Huruf 181	9.3.2
Pemilihan Variasi Jenis Huruf 182	9.3.3
Penempatan Teks di Badan Peta 183	Kotak 9.4 Pilihan
untuk Pelabelan Dinamis 184	9.4 Desain Peta 186
9.4.1 Tata Letak 186	
Kotak 9.5 Kampanye Pemetaan yang Lebih Baik 187	
9.4.2 Hirarki Visual 189	
9.5 Peta Animasi 190	9.6
Produksi Peta 191	Kotak 9.6
Bekerja dengan Peta Soft-Copy 192	Kotak 9.7 Alat
Web untuk Membuat Peta Warna 193	
Konsep dan Istilah	
Kunci 193	Pertanyaan Tinjauan 194
Aplikasi: Tampilan Data dan	
Kartografi 195	Tugas 1 Membuat Peta Choropleth 195
2 Menggunakan Simbol Bertingkat, Simbol	
Garis,	
Simbol Perisai Jalan Raya, dan Teks	
Simbol 198	

Tugas 3 Label Aliran 200
Tugas Tantangan 201
Referensi 202

BAB 10

EKSPLORASI DATA 204

10.1 Eksplorasi Data 205	
Kotak 10.1 Visualisasi Data dan Visualisasi	
Analitik 205	10.1.1
Statistik Deskriptif 206	
Kotak 10.2 Statistik Deskriptif 206	10.1.2
Grafik 207	10.1.3 Grafik
Dinamis 210	10.2 Manipulasi Data
Berbasis Peta 210	
10.2.1 Klasifikasi Data 210	
Kotak 10.3 Geovisualisasi dan Geovisualisasi	
Analitik 211	10.2.2
Agregasi Spasial 211	10.2.3
Perbandingan Peta 212	
10.3 Kueri Data Atribut 213	10.3.1 SQL
(Bahasa Kueri Terstruktur) 213	Kotak 10.4 SQL untuk Kueri
Data Atribut 213	
10.3.2 Ekspresi Query 214	10.3.3 Jenis
Operasi 216	10.3.4 Contoh Operasi
Query 216	10.3.5 Query Basis Data Relasional 217
10.4 Query Data Spasial 217	
10.4.1 Pemilihan Fitur dengan Grafik 218	10.4.2
Pemilihan Fitur dengan Spasial	
Hubungan 219	
Kotak 10.5 Kueri Spasial dan Alat Gabung Spasial di	
ArcGIS 219	
10.4.3 Menggabungkan Kueri Atribut dan Data Spasial	
220	10.5 Kueri
Data Raster 220	
10.5.1 Kueri Berdasarkan Nilai Sel 220	
10.5.2 Kueri Berdasarkan Fitur Pilihan 221	
Konsep dan Istilah Utama 221	
Pertanyaan Tinjauan 222	
Aplikasi: Eksplorasi Data 222	
Tugas 1 Pilih Fitur berdasarkan Lokasi 223	
Tugas 2 Membuat Bagan Dinamis 223	
Tugas 3 Kueri Data Atribut dari Tabel Gabungan 224	
Tugas 4 Kueri Data Atribut dari Relasional	
Basis Data 224	

Tugas 5 Menggabungkan Data Spasial dan Atribut	
Pertanyaan	225
Tugas 6 Melakukan Spatial Join	226
Tugas 7 Kueri Data Raster	227
Tugas Tantangan	227
Referensi	228

BAB 11

ANALISIS DATA VEKTOR 229

11.1 Penyangaan	230
11.1.1 Variasi dalam Buffering	230
Kotak 11.1 Lebar Penyanga Tepi Sungai	231
11.1.2 Aplikasi Buffering	232
Kotak 11.2 Zona Penyanga untuk Analisis Makanan	
Gurun	233
Kotak 11.3 Zona Penyanga sebagai Indikator Akurasi	
Posisi	233 11.2
Hamparan	233 11.2.1
Jenis Fitur dan Hamparan	234 11.2.2 Metode
Hamparan	234 Kotak 11.4 Perbedaan
antara Hamparan dan Gabungan Spasial	235
11.2.3 Hamparan dan Format Data	236 11.2.4
Sliver	236
11.2.5 Propagasi Kesalahan dalam Overlay	237
Kotak 11.5 Model Propagasi Kesalahan	238
11.2.6 Aplikasi Overlay	238
11.3 Pengukuran Jarak	239
11.4 Analisis Pola	239 Kotak 11.6
Ukuran Jarak untuk Menilai Akurasi Posisi	240
11.4.1 Analisis Pola Acak dan	
Nonacak	
Pola	240
11.4.2 Moran's I untuk Mengukur Spasial	
Autokorelasi	242
11.4.3 G-Statistik untuk Mengukur Tinggi/Rendah	
Pengelompokan	244
Kotak 11.7 Deteksi Titik Panas Obat	245 11.4.4
Aplikasi Analisis Pola	245
11.5 Manipulasi Fitur	245 Konsep dan
Istilah Kunci	247 Pertanyaan Tinjauan
249 Aplikasi: Analisis Data	
Vektor	249
Tugas 1 Melakukan Buffering dan Overlay	249
Tugas 2 Hamparan Poligon Multikomponen	251

Tugas 3 Melakukan Interpolasi Areal	251
Tugas 4 Menghitung Statistik G Umum dan Lokal	252
Tugas 5 Lakukan Pilih dan Klip	253
Tugas 6 Lakukan Larutkan	253
Tugas Tantangan	254
Referensi	255

BAB 12

ANALISIS DATA RASTER 258

12.1 Lingkungan Analisis Data	259 12.2 Operasi
Lokal	259 12.2.1 Operasi Lokal
dengan Raster Tunggal	259 Kotak 12.1 Cara Membuat Masker
Analisis	259 12.2.2 Reklasifikasi
12.2.3 Operasi Lokal dengan Beberapa Raster	260 12.2.4
Aplikasi Operasi Lokal	261 Kotak 12.2 Studi Kasus
RUSLE	262
12.3 Operasi Lingkungan	263
12.3.1 Statistik Lingkungan	263 12.3.2 Aplikasi
Operasi Lingkungan	263
Kotak 12.3 Contoh Operasi Lingkungan	265 12.4
Operasi Zona	265
12.4.1 Statistik Zona	265
12.4.2 Aplikasi Operasi Zona	266
Kotak 12.4 Penerapan Operasi Zona	267
12.5 Operasi Pengukuran Jarak Fisik	267 12.5.1 Alokasi dan
Arah	268
12.5.2 Aplikasi Pengukuran Jarak Fisik	
Operasi	268
Kotak 12.5 Batasan Jarak Fisik	
Ukuran	269
12.6 Operasi Data Raster Lainnya	269 12.6.1
Manajemen Data Raster	269 12.6.2 Ekstraksi
Data Raster	270
12.6.3 Generalisasi Data Raster	270
12.7 Aljabar Peta	271 12.8
Perbandingan Analisis Data Berbasis Vektor dan Raster	271
12.8.1 Hamparan	
272 12.8.2 Penyangaan	
272	
Kotak 12.6 Kasus Hamparan Berbasis Raster	272
Konsep dan Istilah Kunci	273
Pertanyaan Tinjauan	273

Aplikasi: Analisis Data Raster	274
Tugas 1 Melakukan Operasi Lokal	274
Tugas 2 Melakukan Operasi Gabungan	275
Tugas 3 Melakukan Operasi Lingkungan	275
Tugas 4 Melakukan Operasi Zonal	275
Tugas 5 Mengukur Jarak Fisik	275
Tugas 6 Melakukan Ekstraksi berdasarkan Atribut dan Masker	276
Tugas 7 Jalankan Peta Aljabar	276
Tugas Tantangan	277
Referensi	277

BAB 13

PEMETAAN DAN ANALISIS MEDAN 279

13.1 Data untuk Pemetaan dan Analisis Medan	280
DEM	280
13.1.2 NPWP	280
13.2 Pemetaan Medan	281
13.2.1 Profil	Kontur 281
13.2.3 Bayangan Bukit	Vertikal 282
13.1 Efek	283
Kotak	283
Pseudoskopik	284
13.2.4 Pewarnaan Hipsometrik	284
Kotak	13.2
Contoh Kerja Perhitungan	Radian Relatif 284
13.2.5 Tampilan Perspektif	285
13.3 Kemiringan dan Aspek	287
Kotak	13.3 Metode Pengukuran Kemiringan di Lapangan 288
13.3.1 Algoritma Komputasi	untuk Kemiringan dan Aspek Menggunakan Raster 288
Kotak	13.4 Konversi D ke Aspek 289
13.3.2	Algoritma Perhitungan untuk Kemiringan dan Aspek Menggunakan TIN
290	Kotak 13.5 Contoh Kerja Perhitungan Kemiringan dan Aspek Menggunakan Raster 290
Kotak	13.6 Contoh Kerja Perhitungan Kemiringan dan Aspek Menggunakan TIN 291
13.3.3	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kemiringan dan Aspek Ukuran 291
13.4 Kelengkungan Permukaan	293
Kotak	13.7 Contoh Kerja Perhitungan Permukaan Kelengkungan 293
13.5 Raster Versus TIN	294
Konsep dan Istilah Kunci	295

Pertanyaan Tinjauan	295
Aplikasi: Pemetaan dan Analisis Medan	296
Tugas 1 Menggunakan DEM untuk Pemetaan Medan	296
Tugas 2 Menurunkan Kemiringan, Aspek, dan Kelengkungan dari DEM	298
Tugas 3 Membangun dan Menampilkan TIN	299
Tugas 4 Mengonversi Data LiDAR ke Raster	300
Tugas Tantangan	300
Referensi	301

BAB 14

DAS DAN DAERAH ALIRAN SUNGAI ANALISIS 303

14.1 Analisis Viewshed	304
14.1.1 Operasi Garis Pandang	304
14.1.2 Analisis Viewshed Berbasis Raster	305
14.1.3 Analisis Viewshed Berbasis TIN	305
14.1.4 Viewshed Kumulatif	305
14.1.5 Akurasi Analisis Viewshed	306
Kotak	14.1 Contoh Penerapan Kumulatif Jarak Pandang 306
14.2 Parameter Analisis Viewshed	307
Kotak	14.2 Alat untuk Memilih Sudut Pandang 307
14.3 Aplikasi Analisis Viewshed	309
Kotak	14.3 HydroSHEDS 310
14.4 Analisis Daerah Aliran Sungai	310
14.4.1 DEM Terisi	310
Kotak	14.4 Dataset Batas Daerah Aliran Sungai (DAS)
14.4.2 Arah Aliran	311
14.4.3 Akumulasi Aliran	312
14.4.4 Jaringan Aliran	312
14.4.5 Tautan Aliran	312
14.4.6 Daerah Aliran Sungai (DAS) Seluruh Wilayah	313
14.4.7 Daerah Aliran Sungai Berbasis Titik	313
Kotak	14.5 Titik Tuang yang Terputus 314
14.5 Faktor yang Mempengaruhi Analisis Daerah Aliran Sungai	315
14.5.1 Resolusi DEM	315
14.5.2 Arah Aliran	317
14.5.3 Ambang Akumulasi Aliran	317
14.6 Aplikasi Analisis Daerah Aliran Sungai	318
Konsep dan Istilah Kunci	319
Pertanyaan Tinjauan	319
Aplikasi: Daerah Aliran Sungai	320
Tugas 1 Melakukan Analisis Daerah Aliran Sungai	320

Tugas 2 Membuat Shapefile Lookout Baru untuk Analisis Jarak Pandang	321
Tugas 3 Menggambarkan Daerah Aliran Sungai (DAS) di Seluruh Wilayah	322
Tugas 4 Menentukan Daerah Kontribusi Hulu di Titik Tuang	323
Tugas Tantangan	324
Referensi	324

BAB 15

INTERPOLASI SPASIAL 327

15.1 Elemen Interpolasi Spasial	328
15.1.1 Titik Kontrol	328
15.1.2 Jenis Interpolasi Spasial	328
15.2 Metode Global	329
15.2.1 Model Permukaan Tren	329
Kotak 15.1 Contoh Permukaan Tren yang Dikerjakan Analisis	330
15.2.2 Model Regresi	331
15.3 Metode Lokal	331
15.3.1 Poligon Thiessen	332
Estimasi Kepadatan	333
Interpolasi Tertimbang Jarak Terbalik	334
Kotak 15.2 Contoh Kerja Kepadatan Kernel Estimasi	335
Kotak 15.3 Contoh Kerja Jarak Invers Estimasi Tertimbang	336
Spline Pelat Tipis	336
Kotak 15.4 Fungsi Basis Radial	337
Kotak 15.5 Contoh Kerja Spline Pelat Tipis dengan Ketegangan	338
15.4 Kriging	338
15.4.1 Semivariogram	338
Model	340
15.4.3 Kriging Biasa	342
Kriging Universal	343
Kriging Lainnya	343
Kotak 15.6 Contoh Kerja Kriging Biasa Estimasi	344
15.5 Perbandingan Interpolasi Spasial	
Metode	345
Kotak 15.7 Contoh Kerja Universal Kriging Estimasi	346
Konsep dan Istilah Kunci	347
Pertanyaan Tinjauan	349

Aplikasi: Interpolasi Spasial	349
Tugas 1 Menggunakan Model Permukaan Tren untuk Interpolasi	349
Tugas 2 Menghitung Estimasi Kepadatan Kernel	351
Tugas 3 Gunakan IDW untuk Interpolasi	351
Tugas 4 Menggunakan Kriging Biasa untuk Interpolasi	352
Tugas 5 Menggunakan Kriging Universal untuk Interpolasi	353
Tugas Tantangan	353
Referensi	354

BAB 16

GEOCODING DAN DINAMIS SEGMENTASI 356

16.1 Pengodean Geografis	357
16.1.1 Basis Data Referensi Geocoding	357
Kotak 16.1 Geocoding Alamat Historis	358
Akurasi Posisi Jaringan Jalan di TIGER/File Garis	358
Kotak 16.3 Memperbarui Jaringan Jalan Menggunakan Informasi Geografis Sukarela	359
16.1.2 Proses Pencocokan Alamat	359
16.1.3 Opsi Pencocokan Alamat	360
360 Kotak 16.4 Sistem Penilaian untuk Geocoding	361
16.1.5 Kualitas Geocoding	361
Kotak 16.5 Layanan Geocoding Daring	362
362 16.2 Variasi Geocoding	363
16.3 Aplikasi Geocoding	363
Geocoding	363
16.3.1 Layanan Berbasis Lokasi	363
16.3.2 Aplikasi Bisnis	363
16.3.3 Layanan Darurat Nirkabel	364
16.3.4 Pemetaan dan Analisis Kejadian	364
16.3.5 Kesehatan Masyarakat	364
16.4 Segmentasi Dinamis	364
16.4.1 Rute	364
Kotak 16.6 Kelas Fitur Rute	365
16.4.2 Membuat Rute	365
16.4.3 Acara	367
16.4.4 Membuat Tabel Peristiwa	367
Aplikasi Segmentasi Dinamis	368
16.5.1 Manajemen Data	368
16.5.2 Tampilan Data	369
16.5.3 Kueri Data	369
16.5.4 Analisis Data	369
369 Konsep dan Istilah Kunci	370

Pertanyaan Tinjauan	370
Aplikasi: Geocoding dan Dinamis	
Segmentasi	371
Tugas 1 Geocode Alamat Jalan	371
Tugas 2 Menampilkan dan Menanyakan Rute dan Peristiwa	372
Tugas 3 Menganalisis Dua Lapisan Peristiwa	373
Tugas 4 Membuat Rute Aliran dan Menganalisis Kemiringan Sepanjang Rute	374
Tugas 5 Menemukan Kota di Sepanjang Rute Antar Negara	375
Tugas 6 Periksa Kualitas TIGER/Garis Berkas	
Berkas	375
Tugas Tantangan	376
Referensi	376

BAB 17

ANALISIS JALUR BIAYA TERENDAH DAN ANALISIS JARINGAN 378

17.1 Analisis Jalur Biaya Terendah	379
17.1.1 Sumber Raster	379
17.1.2 Raster Biaya	379
Kotak 17.1 Raster Biaya untuk Analisis Lokasi Pipa	379
17.1.3 Ukuran Jarak Biaya	380
17.1.4 Menentukan Biaya Akumulatif Terendah Jalur	380
17.1.5 Pilihan untuk Analisis Jalur Biaya Terendah	382
Kotak 17.2 Derivasi Jalur Biaya Akumulatif Terendah	383
17.2 Aplikasi Analisis Jalur Biaya Terendah	
384 17.3 Jaringan	
384	
17.3.1 Tautan dan Impedansi Tautan	384
Impedansi Sambungan dan Belok	384
17.3.3 Batasan	
385	
17.4 Perakitan Jaringan	385
17.4.1 Mengumpulkan Fitur Linear	385
17.4.2 Mengedit dan Membangun Jaringan	385
Kotak 17.3	
Routing Jaringan untuk Penyandang Disabilitas Orang	385
Kotak 17.4 Kumpulan Data Jaringan	386
17.4.3 Atribusi Fitur Jaringan	386
17.5 Analisis Jaringan	
387	

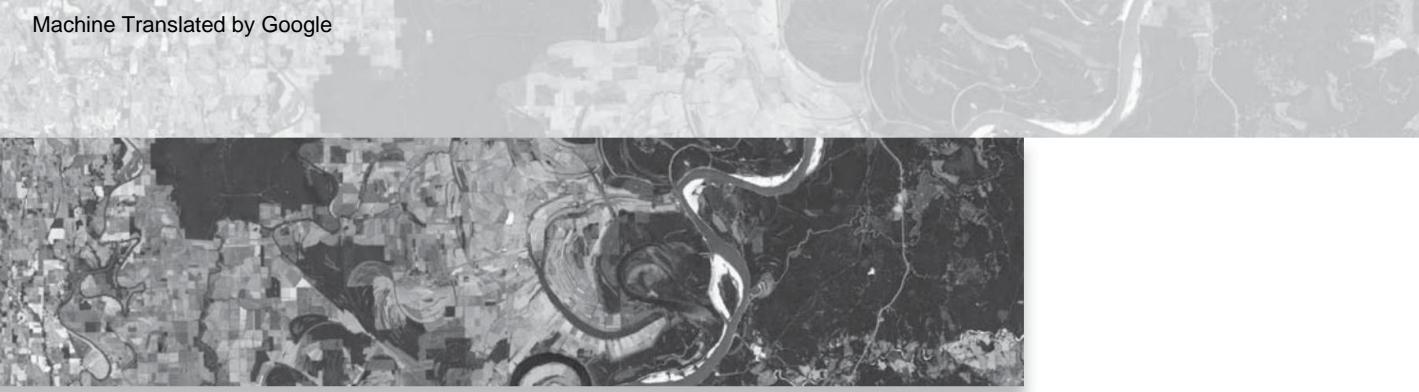
17.5.1 Analisis Jalur Terpendek	387
Kotak	
17.5.2 Masalah Traveling Salesman	389
17.5.3 Masalah Rute Kendaraan	389
17.5.4 Fasilitas Terdekat	390
17.5.5 Alokasi	390
Kotak 17.6 Waktu Respon terhadap Kebakaran	391
17.5.6 Lokasi–Alokasi	391
Konsep dan Istilah Kunci	393
Pertanyaan Tinjauan	394
Aplikasi: Analisis Jalur dan Jaringan	
Aplikasi	394
Tugas 1 Hitung Biaya Akumulatif Terendah Jarak	394
Tugas 2 Hitung Jarak Jalur	395
Tugas 3 Menjalankan Analisis Jalur Terpendek	396
Tugas 4 Membangun Dataset Jaringan Geodatabase	397
Tugas 5 Temukan Fasilitas Terdekat	398
Tugas 6 Temukan Area Layanan	399
Tugas Tantangan	399
Referensi	400

BAB 18

MODEL DAN PEMODELAN GIS 402

18.1 Elemen Dasar Pemodelan SIG	403
18.1.1 Klasifikasi Model SIG	403
18.1.2 Proses Pemodelan	404
18.1.3 Peran SIG dalam Pemodelan	404
Kotak 18.1 GIS dan Pemodelan Lokasi	405
18.1.4 Integrasi GIS dan Pemodelan Lainnya	
Program	405
18.2 Model Biner	
18.2.1 Metode Berbasis Vektor	406
18.2.2 Metode Berbasis Raster	406
18.2.3 Aplikasi Model Biner	407
Kotak 18.2 Program Cagar Konservasi	407
18.3 Model Indeks	
408	
18.3.1 Kombinasi Linear Tertimbang Metode	408
18.3.2 Metode Indeks Lainnya	409
18.3.3 Aplikasi Model Indeks	412
Kotak 18.3 Evaluasi Lahan dan Lokasi	
Sistem Penilaian	412

18.4 Model Regresi 413	18.4.1 Model Regresi Linier Berganda 413	18.4.2 Model Regresi dengan Data Spasial 414	18.4.3 Model Regresi Logistik 415	18.5 Model Proses 416	Aplikasi: Model dan Pemodelan GIS 419
18.5.1 Revisi Kehilangan Tanah Universal Persamaan 416	18.5.2 Model Curah Hujan Kritis 417	Konsep dan Istilah Kunci 418	Pertanyaan Tinjauan 418	Tugas 1 Membangun Model Biner Berbasis Vektor 419	
				Tugas 2 Membangun Model Biner Berbasis Raster 420	
				Tugas 3 Membangun Model Indeks Berbasis Vektor 421	
				Tugas 4 Membangun Model Indeks Berbasis Raster 422	
				Tugas Tantangan 423	
				Referensi 423	
				Indeks 427	



KATA PENGANTAR

TENTANG GIS

Sistem informasi geografis (SIG) adalah sistem komputer untuk menyimpan, mengelola, menganalisis, dan menampilkan data geospasial. Sejak tahun 1970-an, SIG telah berperan penting bagi para profesional di bidang pengelolaan sumber daya alam, perencanaan tata guna lahan, bencana alam, transportasi, layanan kesehatan, layanan publik, analisis wilayah pasar, dan perencanaan kota. SIG juga telah menjadi alat penting bagi instansi pemerintah di semua tingkatan untuk operasional rutin.

Integrasi SIG yang lebih baru dengan internet, sistem penentuan posisi global (GPS), teknologi nirkabel, dan layanan web telah diterapkan dalam layanan berbasis lokasi, pemetaan web, sistem navigasi dalam kendaraan, pemetaan web kolaboratif, dan informasi geografis sukarela. Oleh karena itu, tidak mengherankan jika teknologi geospasial dipilih oleh Departemen Tenaga Kerja AS sebagai industri dengan pertumbuhan tinggi. Teknologi geospasial berpusat pada SIG dan menggunakan SIG untuk mengintegrasikan data dari penginderaan jauh, GPS, kartografi, dan survei untuk menghasilkan informasi geografis yang bermanfaat.

Banyak dari kita, pada kenyataannya, menggunakan teknologi geospasial setiap hari. Untuk menemukan restoran, kita mengakses internet, mengetik nama restoran, dan menemukannya di peta lokasi. Untuk membuat peta untuk suatu proyek, kita membuka Google Maps, mencari peta referensi, dan menambahkan konten serta simbol kita sendiri untuk melengkapi peta tersebut. Untuk menemukan rute terpendek untuk berkendara, kita

Kami menggunakan sistem navigasi di dalam kendaraan untuk mendapatkan petunjuk arah. Dan, untuk mencatat tempat-tempat yang telah kami kunjungi, kami menggunakan foto-foto yang telah diberi geotag. Semua aktivitas ini melibatkan penggunaan teknologi geospasial, meskipun kami mungkin tidak menyadarinya.

Namun, menjadi pengguna SIG lebih mudah daripada menjadi profesional SIG. Untuk menjadi profesional SIG, kita harus memahami teknologi serta konsep-konsep dasar yang mendasarinya. Jika tidak, hal ini dapat dengan mudah menyebabkan penyalahgunaan atau salah tafsir informasi geospasial. Buku ini dirancang untuk memberikan dasar yang kuat bagi mahasiswa dalam konsep dan praktik SIG.

PEMBARUAN UNTUK EDISI KESEMBILAN

Edisi kesembilan mencakup konsep, operasi, dan analisis SIG dalam 18 bab. Bab 1 hingga 4 menjelaskan konsep SIG serta model data vektor dan raster.

Bab 5 hingga 8 membahas akuisisi, penyuntingan, dan pengelolaan data geospasial. Bab 9 dan 10 mencakup tampilan dan eksplorasi data. Bab 11 dan 12 memberikan gambaran umum analisis data inti.

Bab 13 hingga 15 berfokus pada pemetaan dan analisis permukaan. Bab 16 dan 17 membahas fitur dan pergerakan linear. Bab 18 menyajikan model dan pemodelan SIG. Dirancang untuk memenuhi kebutuhan mahasiswa dari berbagai disiplin ilmu, buku ini dapat digunakan dalam mata kuliah SIG pertama atau kedua.

Instruktur dapat mengikuti bab-bab ini secara berurutan. Mereka juga dapat mengatur ulang bab-bab tersebut agar sesuai dengan kebutuhan mata kuliah mereka. Sebagai contoh, latihan tentang transformasi geometri (Bab 6) dan penyuntingan topologi (Bab 7) memerlukan lisensi ArcGIS tingkat standar atau lanjut, dan mungkin dapat dibahas dalam mata kuliah SIG kedua. Di sisi lain, geocoding (Bab 16) adalah topik yang familiar bagi banyak mahasiswa dan dapat diperkenalkan sejak dini sebagai salah satu aplikasi SIG.

Revisi edisi kesembilan berfokus pada tiga area: perkembangan baru dalam SIG, perubahan dalam akuisisi data geospasial, dan interpretasi cermat terhadap konsep-konsep SIG yang penting. Perkembangan baru dalam SIG meliputi SIG sumber terbuka dan gratis, integrasi SIG dengan Web2.0 dan teknologi seluler, datum horizontal baru, peta animasi, kualitas geocoding, dan analisis regresi dengan data spasial. Akuisisi data geospasial gratis, seperti citra satelit resolusi sangat tinggi, data LiDAR, DEM berbasis LiDAR, dan data skala global, kini dapat dilakukan melalui situs web yang dikelola oleh Survei Geologi AS, Badan Penerbangan dan Antariksa Nasional, dan organisasi lainnya. Konsep-konsep dasar, seperti pergeseran datum, topologi, basis data spasial, gabungan spasial, dan aljabar peta, terkait erat dengan operasi dan analisis SIG dan harus dipahami dengan baik oleh pengguna SIG pemula. Revisi edisi kesembilan mencakup setiap bab.

Edisi kesembilan ini terus menekankan praktik SIG. Setiap bab memiliki tugas pemecahan masalah di bagian aplikasi, lengkap dengan set data dan instruksi. Dengan penambahan empat tugas baru di Bab 2, 11, 12, dan 13, jumlah tugas dalam edisi baru ini menjadi 87, dengan dua hingga tujuh tugas di setiap bab. Instruksi untuk menjalankan tugas-tugas ini sesuai dengan ArcGIS 10.5. Semua tugas dalam edisi ini menggunakan ArcGIS dan ekstensi Spatial-nya.

Analis, Analis 3D, Analis Geostatistik, Analis Jaringan, dan ArcScan. Selain itu, tugas tantangan terdapat di akhir setiap bagian aplikasi.

Edisi kesembilan ini tetap mempertahankan pertanyaan-pertanyaan terkait tugas dan pertanyaan tinjauan, yang telah terbukti bermanfaat bagi pembaca edisi-edisi sebelumnya. Terakhir, referensi dan situs web telah diperbarui dalam edisi ini.

Situs web untuk edisi kesembilan, yang berlokasi di www.mhhe.com/changgis9e, menyediakan buku panduan instruktur yang dilindungi kata sandi. Hubungi perwakilan penjualan McGraw-Hill Anda untuk mendapatkan ID pengguna dan kata sandi.

KREDIT

Kumpulan data yang diunduh dari situs web berikut digunakan untuk beberapa tugas dalam buku ini:

Montana GIS Data Clearinghouse

<http://nris.mt.gov/gis/>

Data Gempa Bumi California Utara

<http://quake.geo.berkeley.edu/>

Perpustakaan Universitas Idaho

<http://inside.uidaho.edu>

Departemen Transportasi Negara Bagian Washington Data SIG

<http://www.wsdot.wa.gov/mapsdata/geodatacatalog/default.htm>

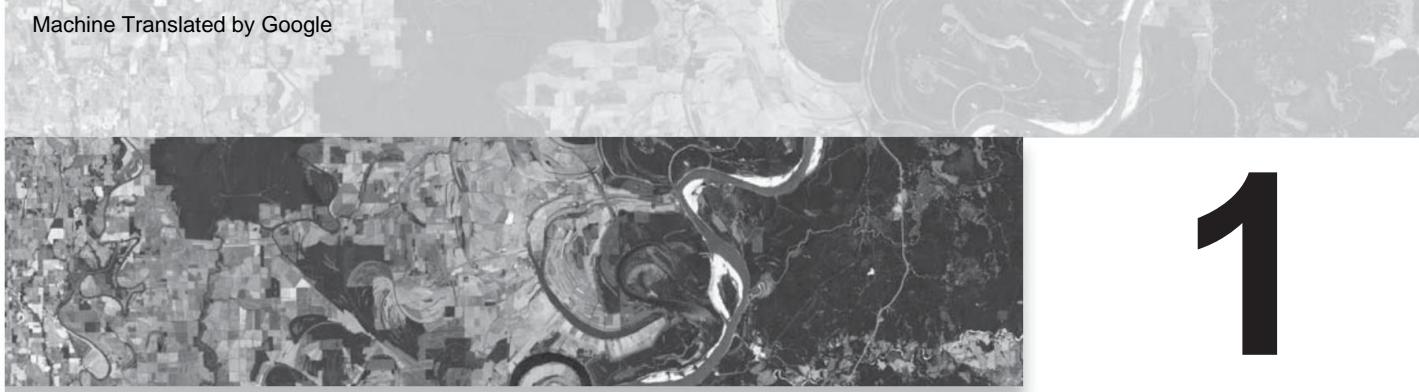
Pusat Geospasial Wyoming

<http://geospatialhub.org/>

Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada Michelle Vogler, Matt Garcia, Melissa Leick, Tammy Ben, dan Sue Culbertson di McGraw-Hill atas bimbingan dan bantuan mereka selama berbagai tahap proyek ini.

Kang-tsung Chang

Halaman ini sengaja dikosongkan



1

PERKENALAN

GARIS BESAR BAB

1.1 SIG

1.2 Elemen-elemen SIG

1.3 Aplikasi SIG

1.4 Integrasi GIS, Web2.0, dan Mobile

Teknologi

1.5 Organisasi Buku Ini

1.6 Konsep dan Praktik

Sistem **informasi geografis (SIG)** adalah sistem komputer untuk menangkap, menyimpan, meminta, menganalisis, dan menampilkan data geospasial. Salah satu aplikasi SIG adalah manajemen bencana.

Pada 11 Maret 2011, gempa bumi berkekuatan 9,0 skala Richter melanda lepas pantai timur Jepang, tercatat sebagai gempa bumi terkuat yang pernah melanda Jepang. Gempa tersebut memicu gelombang tsunami dahsyat yang dilaporkan mencapai ketinggian 40 meter dan merambat hingga 10 kilometer ke daratan.

Setelah gempa bumi dan tsunami, GIS memainkan peran penting dalam membantu responden dan manajer darurat untuk melakukan operasi penyelamatan, memetakan daerah dan infrastruktur yang rusak parah, memprioritaskan kebutuhan medis, dan menemukan

hunian sementara. GIS juga terhubung dengan media sosial seperti Twitter, YouTube, dan Flickr sehingga masyarakat dapat mengikuti perkembangan peristiwa secara hampir real-time dan melihat peta overlay jalan, citra satelit, dan topografi.

Pada bulan September 2011, Universitas Tokyo menyelenggarakan sesi khusus tentang GIS dan Gempa Bumi dan Tsunami Besar Jepang Timur dalam konferensi internasional Spatial Thinking and GIS untuk berbagi informasi tentang peran GIS dalam mengelola bencana semacam itu.

Badai Irene terbentuk di atas perairan hangat Karibia pada 21 Agustus 2011, dan pada minggu berikutnya, badai ini bergerak melintasi Pantai Timur Amerika Serikat hingga ke utara hingga Kanada Atlantik. Berbeda dengan Jepang Timur Raya,

Gempa bumi yang terjadi begitu cepat dan Badai Irene memungkinkan instansi pemerintah dan organisasi untuk mengembangkan set data, aplikasi, dan analisis SIG sebelum badai tiba di wilayah mereka. Pelacak badai daring dibuat oleh media berita seperti MSNBC dan CNN, serta oleh perusahaan seperti Esri dan Yahoo. Sumber daya data SIG juga disediakan oleh Badan Kelautan dan Atmosfer Nasional (NOAA) untuk prakiraan jalur, medan angin, kecepatan angin, dan gelombang badai, serta oleh Badan Manajemen Darurat Federal (FEMA) untuk tanggap bencana dan upaya pemulihan. Meskipun banjir parah dilaporkan terjadi di wilayah utara New York dan Vermont, persiapan yang dilakukan membantu mengurangi tingkat kerusakan akibat Badai Irene.

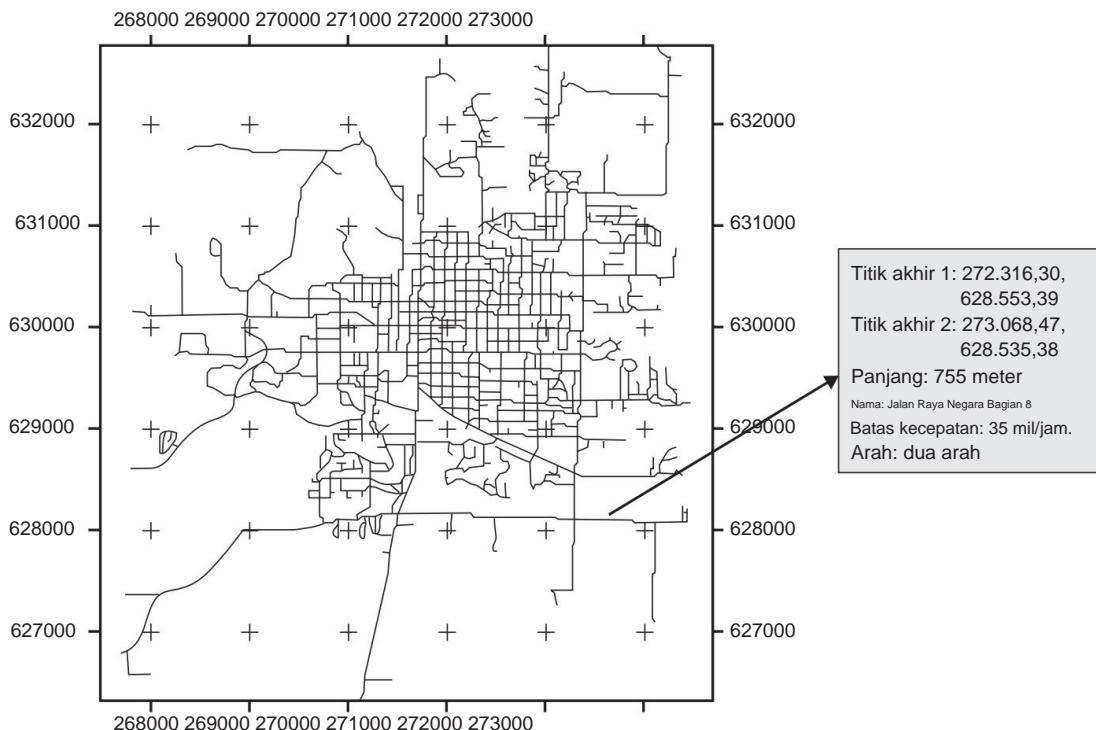
Baik untuk Gempa Besar Jepang Timur maupun Badai Irene, GIS memainkan peran penting dalam mengintegrasikan data dari berbagai sumber untuk menyediakan informasi geografis yang terbukti penting.

untuk operasi bantuan. GIS merupakan inti dari teknologi geospasial, yang berkaitan dengan sejumlah bidang, termasuk penginderaan jauh, Sistem Pemosisian Global (GPS), kartografi, survei, geostatistik, pemetaan web, pemrograman, manajemen basis data, dan desain grafis. Selama bertahun-tahun, teknologi geospasial telah dianggap sebagai sektor pekerjaan dengan pertumbuhan tinggi di Amerika Serikat, dengan proyeksi sejumlah besar pekerjaan baru di bidang GIS dan bidang terkaitnya.

1.1 SIG

Data geospasial menggambarkan lokasi dan karakteristik fitur spasial. Untuk menggambarkan jalan, misalnya, kita mengacu pada lokasinya (yaitu, di mana jalan tersebut berada) dan karakteristiknya (misalnya, panjang, nama, batas kecepatan, dan arahnya), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1.

Kemampuan SIG untuk menangani dan memproses data geospasial



Gambar 1.1

Contoh data geospasial. Jaringan jalan didasarkan pada sistem koordinat bidang. Kotak di sebelah kanan mencantumkan koordinat x dan y dari titik akhir dan atribut lain dari suatu segmen jalan.

data membedakan GIS dari sistem informasi lainnya dan memungkinkan GIS digunakan untuk integrasi data geospasial dan data lainnya.

1.1.1 Komponen SIG

Mirip dengan teknologi informasi lainnya, GIS memerlukan komponen-komponen berikut selain data geospasial:

- Perangkat keras. Perangkat keras SIG mencakup komputer untuk pemrosesan data, penyimpanan data, dan input/output data. keluaran; printer dan plotter untuk laporan dan peta cetak; digitizer dan pemindai untuk digitalisasi data spasial; serta GPS dan perangkat seluler untuk kerja lapangan.
- Perangkat lunak. Perangkat lunak SIG, baik komersial maupun sumber terbuka, mencakup program dan aplikasi yang dijalankan oleh komputer untuk manajemen data, analisis data, tampilan data, dan tugas-tugas lainnya. Aplikasi tambahan, yang ditulis dalam Python, JavaScript, VB.NET, atau C++, dapat digunakan dalam SIG untuk analisis data tertentu. Antarmuka pengguna umum untuk program dan aplikasi ini adalah menu, ikon, dan baris perintah, menggunakan sistem operasi seperti Windows, Mac, atau Linux.
- Orang. Profesional GIS mendefinisikan tujuan dan sasaran penggunaan GIS serta menafsirkan dan menyajikan hasilnya.
- Organisasi. Operasi SIG berada dalam lingkungan organisasi; oleh karena itu, operasi tersebut harus diintegrasikan ke dalam budaya dan proses pengambilan keputusan organisasi untuk hal-hal seperti peran dan nilai SIG, pelatihan SIG, pengumpulan dan penyebarluasan data, serta standar data.

1.1.2 Sejarah Singkat GIS

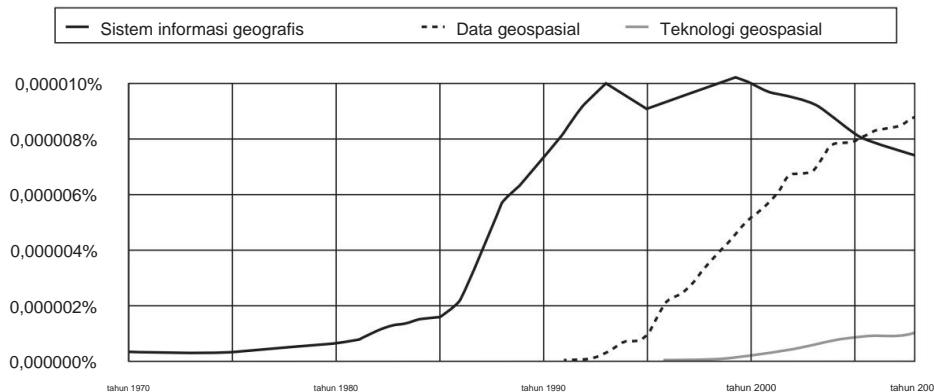
Asal usul SIG dalam bentuknya yang sekarang terletak pada penerapan alat komputasi yang berkembang pesat, terutama grafik komputer, dalam berbagai bidang seperti perencanaan kota, pengelolaan lahan, dan geocoding pada tahun 1960-an dan 1970-an. SIG operasional pertama dilaporkan telah dikembangkan oleh Roger Tomlinson pada awal tahun 1960-an untuk menyimpan,

memanipulasi, dan menganalisis data yang dikumpulkan untuk Inventarisasi Tanah Kanada (Tomlinson 1984). Pada tahun 1964, Howard Fisher mendirikan Laboratorium Grafik Komputer Harvard, tempat beberapa program komputer ternama di masa lalu seperti SYMAP, SYMVU, GRID, dan ODESSEY dikembangkan dan didistribusikan sepanjang tahun 1970-an (Chrisman 1988). Program-program awal ini dijalankan pada mainframe dan minikomputer, dan peta dibuat dengan printer daring dan plotter pena. Di Britania Raya, pemetaan komputer dan analisis spasial juga diperkenalkan di Universitas Edinburgh dan Unit Kartografi Eksperimental (Coppock 1988; Rhind 1988). Dua peristiwa lain yang juga harus dicatat tentang perkembangan awal GIS: publikasi Desain dengan Alam karya Ian McHarg dan penyertaan metode pelapisan peta untuk analisis kesesuaian (McHarg 1969), dan pengenalan jaringan jalan perkotaan dengan topologi dalam sistem Pengkodean Peta Independen Ganda (DIME) Biro Sensus AS pada tahun 1970-an (Broome dan Meixler 1990).

Perkembangan pesat aktivitas SIG pada tahun 1980-an sebagian besar didorong oleh pengenalan komputer pribadi seperti IBM PC dan antarmuka pengguna grafis seperti Microsoft Windows. Tidak seperti mainframe dan minikomputer, PC yang dilengkapi dengan antarmuka pengguna grafis lebih ramah pengguna, sehingga memperluas jangkauan aplikasi SIG dan membawa SIG ke penggunaan umum pada tahun 1990-an. Pada tahun 1980-an juga, paket SIG komersial dan gratis muncul di pasaran. Environmental Systems Research Institute, Inc. (Esri) merilis ARC/INFO, yang menggabungkan fitur spasial titik, garis, dan poligon dengan sistem manajemen basis data untuk menghubungkan atribut ke fitur-fitur tersebut.

Bermitra dengan Intergraph, Bentley Systems mengembangkan Microstation, sebuah produk perangkat lunak CAD. Paket-paket SIG lain yang dikembangkan selama tahun 1980-an antara lain GRASS, MapInfo, TransCAD, dan Smallworld.

Seiring perkembangan SIG yang berkelanjutan, dua tren telah muncul dalam beberapa tahun terakhir. Pertama, sebagai inti dari teknologi geospasial, SIG semakin terintegrasi dengan data geospasial lainnya seperti citra satelit dan data GPS. Kedua, SIG telah terhubung dengan layanan web, teknologi seluler, media sosial, dan komputasi awan.

**Gambar 1.2**

Kemunculan frasa "sistem informasi geografis", "data geospasial", dan "teknologi geospasial" dalam Google Books digital berbahasa Inggris dari tahun 1970 hingga 2008 (tahun terakhir yang tersedia). Gambar ini dimodifikasi dari Google Books Ngram, diakses pada April 2012.

Gambar 1.2, sebuah Ngram yang dibuat di Google Books Ngram Viewer, menunjukkan bagaimana frasa "sistem informasi geografis", "data geospasial", dan "teknologi geospasial" muncul dalam buku-buku digital Google dalam bahasa Inggris dari tahun 1970 hingga 2008. Frasa "sistem informasi geografis" meningkat pesat dari tahun 1980 hingga awal 1990-an, mencapai titik terendah pada tahun 1990-an, dan mulai menurun setelah tahun 2000. Sebaliknya, dua frasa lainnya, terutama "data geospasial", telah meningkat sejak tahun 1990-an. Gambar 1.2 menegaskan integrasi yang kuat antara SIG dan data geospasial lainnya, serta antara SIG dan teknologi geospasial lainnya.

Seiring dengan maraknya aktivitas SIG, banyak buku teks SIG telah diterbitkan. Beberapa jurnal (*International Journal of Geographical Information Science*, *Transactions in GIS*, dan *Cartography and Geographic Information Science*) dan berbagai majalah (misalnya, *Directions Magazine*, *GIS Geography*, *GISUser*, *GIS Lounge*, *Mondo Geospatial*, *Geospatial World*, dan *GeoConnexion*) kini dikhususkan untuk SIG dan aplikasinya.

Selain itu, pentingnya data geospasial telah "ditemukan" di bidang-bidang seperti kesehatan masyarakat, dengan diterbitkannya jurnal-jurnal seperti *Geospatial Health*, *Spatial and Spatio-Temporal Epidemiology*, dan *Jurnal Internasional Geografi Kesehatan*. Sebuah program sertifikasi GIS, yang disponsori oleh beberapa

asosiasi nirlaba, juga tersedia bagi mereka yang ingin menjadi profesional GIS bersertifikat (<http://www.gisci.org/>). Sertifikasi ini menggunakan sistem poin berdasarkan prestasi pendidikan, pengalaman profesional, dan kontribusi terhadap profesi. Terdapat lebih dari 6000 profesional GIS bersertifikat, menurut siaran pers tahun 2016.

1.1.3 Produk Perangkat Lunak GIS

Kotak 1.1 menunjukkan daftar pilihan perangkat lunak SIG komersial di kolom kiri dan perangkat lunak bebas dan sumber terbuka (FOSS) untuk SIG di kolom kanan. Perusahaan perangkat lunak SIG dari tahun 1980-an masih aktif di pasar: Esri dengan ArcGIS, Intergraph dengan Geomedia, MapInfo (sekarang Pitney Bowes) dengan MapInfo, Bentley Systems dengan Bentley Map, Smallworld Company (sekarang General Electric) dengan Smallworld, dan Caliper dengan Maptitude (pengganti TransCAD). Menurut berbagai laporan perdagangan, Esri memimpin industri perangkat lunak SIG. Produk perangkat lunak utama dari Esri adalah ArcGIS, yang terdiri dari aplikasi dan ekstensi dalam sistem yang dapat diskalakan dengan tiga tingkat lisensi, dengan jumlah alat dan fungsionalitas yang ditingkatkan di setiap tingkat (Kotak 1.2).



Kotak 1.1 Daftar Paket GIS Komersial, Gratis, dan Sumber Terbuka	
Komersial	Gratis dan Sumber Terbuka
<ul style="list-style-type: none"> • Lembaga Penelitian Sistem Lingkungan (Esri) (http://www.esri.com/): ArcGIS • Autodesk Inc. (http://www.autodesk.com/): AutoCAD Map3D dan Autodesk Geospatial • Bentley Systems, Inc. (http://www.bentley.com/): Peta Bentley • Intergraph/Hexagon Geospatial (http://www.intergraph.com/): GeoMedia • Marmer Biru (http://www.bluemarblegeo.com/): Pemeta Global • Beraneka ragam (http://www.manifold.net/): Beraneka ragam Sistem • Pitney Bowes (http://www.mapinfo.com/): MapInfo • Caliper Corporation (http://www.caliper.com/): Maptitude • General Electric (https://www.gegridsolutions.com/GIS.htm): Smallworld • Clark Labs (http://www.clarklabs.org/): TerrSet/ IDRISI 	<ul style="list-style-type: none"> • Pusat Ilmu Data Spasial, Universitas Chicago (http://spatial.uchicago.edu/): GeoDa • Yayasan Geospasial Sumber Terbuka (http://grass.osgeo.org/): GRASS • Komunitas gvSIG (http://www.gvsig.com/en/): gvSIG • Institut Internasional untuk Survei Dirgantara dan Ilmu Bumi, Belanda (http://www.itc.nl/ilwis/): ILWIS • Proyek GIS MapWindow (http://mapwindow.org/): MapWindow • Lompat Terbuka (http://www.openjump.org/): OpenJump • Proyek GIS Kuantum (http://www.qgis.org/): QGIS • Kelompok Pengguna SAGA (http://www.saga-gis.org/): SAGA GIS • Penelitian Refraksi (http://udig.refractions.net/): uDig



Kotak 1.2 ArcGIS	
<p>ArcGIS terdiri dari aplikasi dan ekstensi Tersedia dalam tiga tingkat lisensi. Aplikasinya meliputi ArcMap, ArcGIS Pro, ArcCatalog, ArcScene, dan ArcGlobe, sementara ekstensinya meliputi 3D Analyst, Network Analyst, Spatial Analyst, Geostatistical Analyst, dan lainnya. Tingkat lisensi Dasar, Standar, dan Lanjutan menentukan jumlah alat yang dapat dimiliki pengguna untuk data Analisis, penyuntingan data, dan pengelolaan data. Aplikasi inti ArcGIS adalah ArcMap dan ArcGIS Pro.</p> <p>ArcMap diperkenalkan dengan ArcGIS 8 pada tahun 2000 dan, selama bertahun-tahun, sejumlah besar alat dan fungsi telah dimasukkan ke dalam ArcMap. Karena aplikasinya yang luas, buku ini menggunakan ArcMap sebagai aplikasi utama untuk latihan bab. Diperkenalkan pada tahun 2015, ArcGIS Pro merupakan entri baru dalam rangkaian aplikasi ArcGIS. ArcGIS Pro adalah perangkat lunak 64-bit asli.</p>	<p>Aplikasi ini hanya berjalan pada sistem operasi 64-bit. Dibandingkan dengan ArcMap, aplikasi 32-bit yang berjalan pada sistem operasi 32-bit atau 64-bit, ArcGIS Pro dapat berjalan lebih cepat dengan memproses lebih banyak data sekaligus. Para pengembang Esri telah memanfaatkan sistem 64-bit dalam desain perangkat lunak ArcGIS Pro. Fitur-fitur khusus ArcGIS Pro meliputi tampilan data 2D dan 3D secara bersamaan, bekerja dengan beberapa peta dan tata letak, menggunakan alur kerja berbasis proyek, dan berbagai peta yang telah selesai secara langsung daring. Fitur-fitur ini ideal bagi para profesional GIS yang rutin bekerja dengan data dalam jumlah besar dan dengan pengguna lain di organisasi yang sama. Namun, pada awal 2017, ArcGISPro tidak memiliki semua fungsi yang terdapat di ArcMap, yang mungkin menjelaskan mengapa ArcGIS Pro berjalan berdampingan dengan ArcMap.</p>

GRASS GIS (Geographic Resources Analysis Support System), FOSS pertama untuk GIS, awalnya dikembangkan oleh Laboratorium Penelitian Teknik Konstruksi Angkatan Darat AS pada tahun 1980-an. Terkenal dengan perangkat analisisnya, GRASS GIS saat ini dikelola dan dikembangkan oleh jaringan pengguna di seluruh dunia. Laporan perdagangan menunjukkan bahwa QGIS (sebelumnya Quantum GIS) adalah FOSS untuk GIS yang paling populer, dengan 400 plugin dan GRASS GIS sebagai perangkat analisis dasarnya. Produk-produk FOSS GIS telah menjadi populer di kalangan pengguna GIS dalam beberapa tahun terakhir, terutama di Eropa. Tinjauan FOSS untuk GIS dalam membangun infrastruktur data spasial tersedia di Steiniger dan Hunter (2012).

1.2 ELEMEN SIG

Secara pedagogis, SIG terdiri dari elemen-elemen berikut: data geospasial, akuisisi data, manajemen data, tampilan data, eksplorasi data, dan analisis data. Tabel 1.1 merujuk silang elemen-elemen tersebut dan bab-bab dalam buku ini.

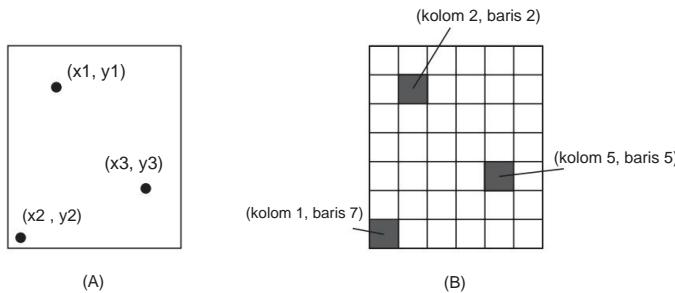
1.2.1 Data Geospasial

Secara definisi, data geospasial mencakup lokasi fitur spasial. Untuk menemukan fitur spasial di permukaan Bumi, kita dapat menggunakan sistem koordinat geografis atau terproyeksi. Sistem koordinat geografis dinyatakan dalam bujur dan lintang, sedangkan sistem koordinat terproyeksi dinyatakan dalam koordinat x, y. Banyak sistem koordinat terproyeksi yang tersedia untuk digunakan dalam SIG. Contohnya adalah sistem grid Universal Transverse Mercator (UTM), yang membagi permukaan Bumi antara 84° LU dan 80° LS menjadi 60 zona. Prinsip dasar dalam SIG adalah bahwa lapisan peta yang mewakili data geospasial yang berbeda harus selaras secara spasial; dengan kata lain, lapisan-lapisan peta tersebut didasarkan pada referensi spasial yang sama.

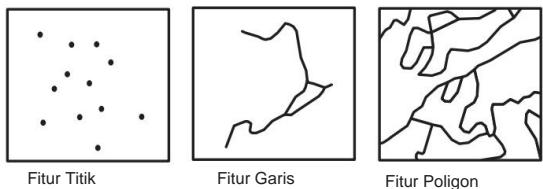
SIG merepresentasikan data geospasial sebagai data vektor atau data raster (Gambar 1.3). **Model data vektor** menggunakan titik, garis, dan poligon untuk merepresentasikan fitur spasial dengan lokasi dan batas spasial yang jelas, seperti sungai, bidang tanah, dan tegakan vegetasi (Gambar 1.4). Setiap fitur diberi ID agar dapat dikaitkan dengan atributnya.

TABEL 1.1 Elemen-elemen SIG dan Cakupannya dalam Buku

Elemen	Bab-bab
Data geospasial	Bab 2: Sistem koordinat Bab 3: Model data vektor Bab 4: Model data raster
Akuisisi data	Bab 5: Akuisisi data GIS Bab 6: Transformasi Geometri Bab 7: Akurasi dan kualitas data spasial
Manajemen data atribut	Bab 8: Manajemen data atribut
Tampilan data	Bab 9: Tampilan data dan kartografi
Eksplorasi data	Bab 10: Eksplorasi data
Analisis data	Bab 11: Analisis data vektor Bab 12: Analisis data raster Bab 13: Pemetaan dan analisis medan Bab 14: Analisis Daerah Pandang dan Daerah Aliran Sungai Bab 15: Interpolasi spasial Bab 16: Geocoding dan segmentasi dinamis Bab 17: Analisis jalur biaya terendah dan analisis jaringan Bab 18: Model dan pemodelan GIS

**Gambar 1.3**

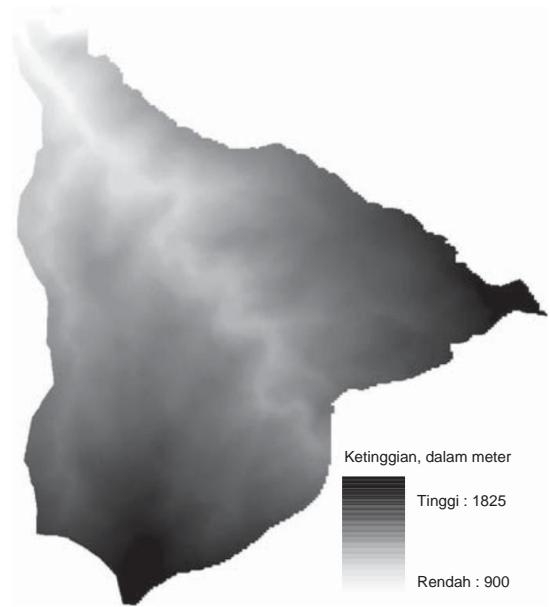
Model data vektor menggunakan koordinat x dan y untuk merepresentasikan fitur titik (a), dan model data raster menggunakan sel dalam kisi untuk merepresentasikan fitur titik (b).

**Gambar 1.4**

Fitur titik, garis, dan poligon.

Model data raster menggunakan grid dan sel-sel grid untuk merepresentasikan fitur spasial: fitur titik direpresentasikan oleh sel tunggal, fitur garis oleh urutan sel-sel yang berdekatan, dan fitur poligon oleh kumpulan sel-sel yang bersebelahan. Nilai sel sesuai dengan atribut fitur spasial pada lokasi sel. Data raster ideal untuk fitur kontinu seperti elevasi dan curah hujan (Gambar 1.5).

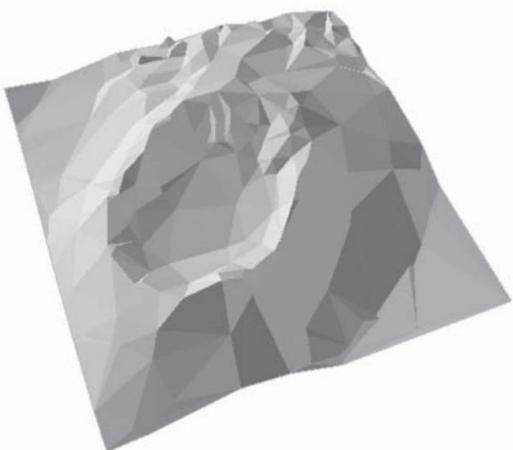
Model data vektor dapat berupa georelasional atau berbasis objek, dengan atau tanpa topologi, dan sederhana atau komposit. **Model georelasional** menyimpan geometri dan atribut fitur spasial dalam sistem terpisah, sedangkan **model berbasis objek** menyimpannya dalam satu sistem. **Topologi** secara eksplisit mengekspresikan hubungan spasial antar fitur, seperti dua garis yang bertemu sempurna di suatu titik. Data vektor dengan topologi diperlukan untuk beberapa analisis seperti menemukan jalur terpendek pada jaringan jalan, sedangkan data tanpa topologi dapat ditampilkan lebih cepat. Fitur komposit dibangun berdasarkan fitur sederhana berupa titik, garis, dan poligon; termasuk **jaringan tak beraturan segitiga (TIN)** (Gambar 1.6),

**Gambar 1.5**

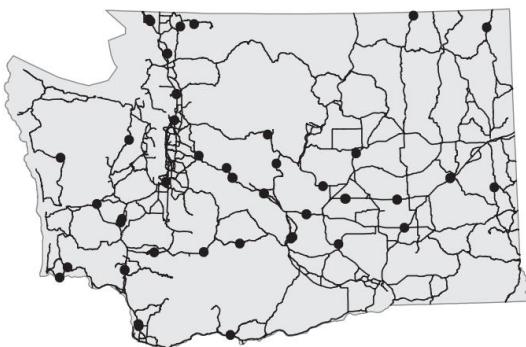
Lapisan elevasi berbasis raster.

yang memperkirakan medan dengan serangkaian segitiga yang tidak tumpang tindih, dan **segmentasi dinamis** (Gambar 1.7), yang menggabungkan ukuran linear satu dimensi seperti penanda mil dengan koordinat proyeksi dua dimensi.

Berbagai macam data yang digunakan dalam SIG dikodekan dalam format raster seperti model elevasi digital dan citra satelit. Meskipun representasi raster fitur spasial tidak presisi, ia memiliki karakteristik yang khas.

**Gambar 1.6**

Contoh model TIN.

**Gambar 1.7**

Segmentasi dinamis memungkinkan tempat istirahat, yang direferensikan secara linear, untuk diplot sebagai fitur titik pada rute jalan raya di Negara Bagian Washington.

Keunggulan lokasi sel yang tetap memungkinkan manipulasi dan analisis yang efisien dalam algoritma komputasi. Data raster, terutama yang memiliki resolusi spasial tinggi, membutuhkan memori komputer dalam jumlah besar. Oleh karena itu, masalah penyimpanan dan pengambilan data menjadi penting bagi pengguna SIG.

1.2.2 Akuisisi Data

Akuisisi data biasanya merupakan langkah pertama dalam menjalankan proyek SIG. Kebutuhan akan data geospasial oleh pengguna SIG telah dikaitkan dengan pengembangan

pusat data dan geoportal. Sejak awal 1990-an, lembaga pemerintah di berbagai tingkatan di Amerika Serikat serta banyak negara lain telah membuat situs web untuk berbagi data publik dan mengarahkan pengguna ke berbagai sumber data. Untuk menggunakan data publik, penting untuk memperoleh metadata, yang menyediakan informasi tentang data tersebut. Jika data publik tidak tersedia, data baru dapat didigitalkan dari peta kertas atau ortofoto, dibuat dari citra satelit, atau dikonversi dari data GPS, data survei, alamat jalan, dan berkas teks dengan koordinat x dan y. Oleh karena itu, akuisisi data melibatkan kompilasi data lama dan baru. Untuk digunakan dalam SIG, peta yang baru didigitalkan atau peta yang dibuat dari citra satelit memerlukan transformasi geometrik (yaitu, georeferensi). Selain itu, data spasial lama dan baru harus diedit jika mengandung kesalahan digitalisasi dan/atau topologi.

1.2.3 Manajemen Data Atribut

SIG biasanya menggunakan sistem manajemen basis data (DBMS) untuk menangani data atribut, yang dapat berukuran besar dalam kasus data vektor. Setiap poligon dalam peta tanah, misalnya, dapat dikaitkan dengan lusinan atribut pada sifat fisik dan kimia tanah dan interpretasi tanah. Data atribut disimpan dalam **basis data relasional** sebagai kumpulan tabel. Tabel-tabel ini dapat disiapkan, dipelihara, dan diedit secara terpisah, tetapi juga dapat dihubungkan untuk pencarian dan pengambilan data. DBMS menawarkan operasi gabung dan relasi. Operasi gabung menyatukan dua tabel dengan menggunakan bidang atribut umum (misalnya, ID fitur), sedangkan operasi relasi menghubungkan dua tabel tetapi menjaga tabel tetap terpisah secara fisik. Gabung spasial unik dalam SIG karena menggunakan hubungan spasial untuk menggabungkan dua set fitur spasial dan data atributnya, seperti menggabungkan sekolah ke kabupaten tempat sekolah tersebut berada. DBMS juga menawarkan alat untuk menambah, menghapus, dan memanipulasi atribut.

1.2.4 Tampilan Data

Pembuatan peta merupakan operasi rutin SIG karena peta merupakan antarmuka ke SIG. Pembuatan peta dapat bersifat informal maupun formal dalam SIG. Pembuatan peta bersifat informal ketika kita melihat data geospasial pada peta, dan formal ketika kita melihat data geospasial pada peta.

menghasilkan peta untuk presentasi dan laporan profesional. Peta profesional menggabungkan judul, isi peta, legenda, skala batang, dan elemen lainnya untuk menyampaikan informasi geografis kepada pembaca peta. Untuk membuat peta yang "baik", kita harus memiliki pemahaman dasar tentang simbol, warna, dan tipologi peta, serta hubungannya dengan data yang dipetakan. Selain itu, kita harus memahami prinsip-prinsip desain peta seperti tata letak dan hierarki visual. Setelah peta disusun dalam SIG, peta tersebut dapat dicetak atau disimpan sebagai berkas grafik untuk presentasi.

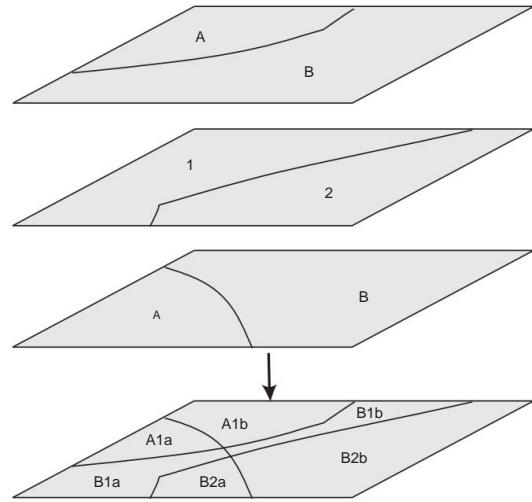
Peta ini juga dapat dikonversi ke berkas KML, diimpor ke Google Earth, dan dibagikan secara publik di server web. Untuk data yang bergantung pada waktu seperti perubahan populasi selama beberapa dekade, serangkaian bingkai peta dapat disiapkan dan ditampilkan dalam animasi temporal.

1.2.5 Eksplorasi Data

Eksplorasi data mengacu pada aktivitas memvisualisasikan, memanipulasi, dan membuat kueri data menggunakan peta, tabel, dan grafik. Aktivitas ini menawarkan tampilan data yang lebih detail dan berfungsi sebagai pendahuluan untuk analisis data formal. Eksplorasi data dalam SIG dapat berbasis peta atau fitur. Eksplorasi berbasis peta mencakup klasifikasi data, agregasi data, dan perbandingan peta. Kueri berbasis fitur dapat melibatkan data atribut maupun spasial. Kueri data atribut pada dasarnya sama dengan kueri basis data menggunakan DBMS. Sebaliknya, kueri data spasial memungkinkan pengguna SIG untuk memilih fitur berdasarkan hubungan spasialnya, seperti penahanan, perpotongan, dan kedekatan. Kombinasi kueri data atribut dan spasial menyediakan alat yang ampuh untuk eksplorasi data.

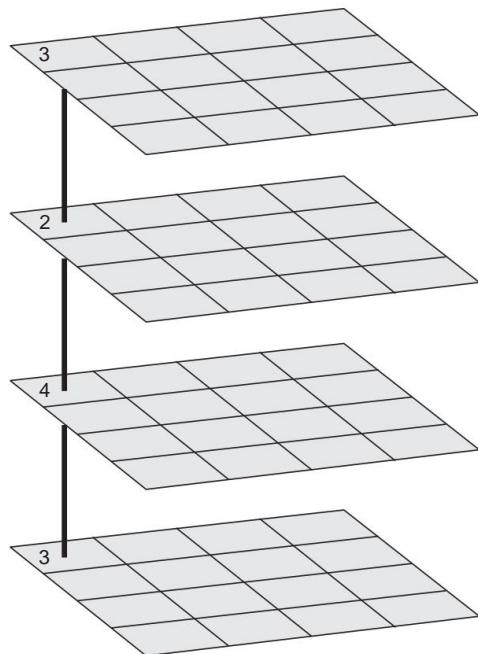
1.2.6 Analisis Data

SIG memiliki banyak alat untuk analisis data. Beberapa merupakan alat dasar, artinya alat-alat tersebut rutin digunakan oleh pengguna SIG. Alat-alat lainnya cenderung spesifik untuk setiap disiplin ilmu atau aplikasi. Dua alat dasar untuk data vektor adalah buffering dan overlay: buffering menciptakan zona buffer dari fitur-fitur tertentu, dan overlay menggabungkan geometri dan atribut dari lapisan masukan (Gambar 1.8). Empat alat dasar untuk data raster adalah lokal (Gambar 1.9), lingkungan, zonal,



Gambar 1.8

Operasi pelapisan berbasis vektor menggabungkan geometri dan atribut dari berbagai lapisan untuk membuat keluaran.



Gambar 1.9

Operasi data raster dengan beberapa raster dapat memanfaatkan lokasi sel yang tetap. Misalnya, rata-rata lokal dapat dengan mudah dihitung dengan membagi jumlah 3, 2, dan 4 (9) dengan 3.

10 Bab 1 PENDAHULUAN

dan operasi global, tergantung pada apakah operasi dilakukan pada tingkat sel individual, atau kelompok sel, atau sel dalam keseluruhan raster.

Medan penting untuk studi pengelolaan kayu, erosi tanah, pemodelan hidrologi, dan kesesuaian habitat satwa liar. SIG memiliki alat untuk memetakan medan dalam kontur, profil, bayangan bukit, dan tampilan 3D, serta untuk menganalisis medan dengan kemiringan, aspek, dan kelengkungan permukaan. Analisis medan juga mencakup daerah pandang dan daerah aliran sungai: analisis daerah pandang menentukan area yang terlihat dari satu atau lebih titik pengamatan, dan analisis daerah aliran sungai menelusuri aliran air untuk menggambarkan jaringan sungai dan daerah aliran sungai.

Interpolasi spasial menggunakan titik-titik dengan nilai yang diketahui untuk memperkirakan nilai di titik lain. Ketika diterapkan dalam SIG, interpolasi spasial merupakan cara untuk membuat data permukaan dari titik-titik sampel. Berbagai metode tersedia untuk interpolasi spasial, mulai dari global hingga lokal, dan dari deterministik hingga stokastik. Di antaranya, kriging adalah metode yang tidak hanya dapat memprediksi nilai yang tidak diketahui tetapi juga memperkirakan kesalahan prediksi.

Geocoding mengubah alamat pos menjadi fitur titik, dan segmentasi dinamis menempatkan data yang direferensikan secara linear pada sistem koordinat x dan y. Geocoding dapat dianggap sebagai alat untuk membuat data SIG baru dengan menggunakan fitur linear (misalnya, jalan, jalan raya) sebagai referensi. Oleh karena itu, bagi sebagian pengguna SIG, geocoding dapat dianggap sebagai topik dalam akuisisi data. Geocoding penting untuk layanan berbasis lokasi, analisis kejahatan, dan aplikasi lainnya, sementara segmentasi dinamis terutama dirancang untuk menampilkan, melakukan kueri, dan menganalisis data terkait transportasi.

Analisis jalur berbiaya terendah menemukan jalur berbiaya terendah dalam suatu raster, sementara analisis jaringan mencari jalur terpendek antar halte pada jaringan jalan topologi. Kedua analisis ini memiliki konsep yang sama dalam SIG, tetapi berbeda dalam penerapannya. Analisis jalur biaya terendah berbasis raster dan bekerja dengan jalur "virtual", sedangkan analisis jaringan berbasis vektor dan bekerja dengan jaringan jalan yang ada.

SIG dan perangkatnya dapat digunakan untuk membangun model spasial eksplisit yang memisahkan area yang memenuhi

seperangkat kriteria seleksi dari kriteria yang tidak, atau pemeringkatan area berdasarkan evaluasi multikriteria. SIG juga dapat membantu membangun model regresi dan model proses, serta membantu pemodel dalam visualisasi data, manajemen basis data, dan eksplorasi data.

1.3 APLIKASI GIS

SIG merupakan perangkat yang bermanfaat karena persentase tinggi informasi yang kita temui secara rutin memiliki komponen spasial. Angka yang sering dikutip oleh pengguna SIG adalah 80 persen data bersifat geografis. Untuk memvalidasi pernyataan 80 persen tersebut, Hahmann dan Burghardt (2013) menggunakan Wikipedia bahasa Jerman sebagai sumber data dan melaporkan bahwa 57 persen informasi memiliki referensi geospasial. Meskipun temuan mereka lebih rendah dari 80 persen, hal ini tetap menjadi bukti kuat akan pentingnya informasi geospasial dan, lebih jauh lagi, SIG dan aplikasinya.

Sejak awal, SIG telah berperan penting dalam perencanaan tata guna lahan, penilaian bencana alam, analisis habitat satwa liar, pemantauan zona riparian, pengelolaan kayu, dan perencanaan kota. Daftar bidang yang telah diuntungkan oleh penggunaan SIG telah berkembang pesat selama tiga dekade terakhir.

Kotak 1.3 mencantumkan hasil pencarian kata kunci bidang, yang terkait dengan aplikasi GIS.

Di Amerika Serikat, US Geological Survey (USGS) adalah lembaga terkemuka dalam pengembangan dan promosi SIG. Situs web USGS menyediakan studi kasus serta data geospasial untuk aplikasi dalam perubahan iklim dan tata guna lahan, analisis ekosistem, pemetaan geologi, penilaian sumber daya minyak bumi, pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS), pengelolaan wilayah pesisir, bencana alam (gunung berapi, banjir, dan tanah longsor), penipisan akuifer, dan pengelolaan air tanah (<http://www.usgs.gov/>). Dengan fokus pada data sensus dan aplikasi SIG, Biro Sensus AS menyediakan produk TIGER (Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing) yang kompatibel dengan SIG, termasuk wilayah geografis hukum dan statistik, jalan raya, rel kereta api, dan sungai, yang dapat dikombinasikan dengan data demografi dan ekonomi untuk berbagai analisis (<http://www.census.gov/>).



Kotak 1.3 Daftar Aplikasi GIS

A pencarian kata kunci cepat untuk aplikasi GIS di Google Scholar menghasilkan bidang-bidang berikut: sumber daya alam, bencana alam, hidrologi permukaan dan air tanah, meteorologi, analisis dan pemantauan lingkungan, risiko banjir, tanah, pengelolaan ekosistem, habitat satwa liar, pertanian, kehutanan, analisis dan pengelolaan lanskap, pengelolaan penggunaan lahan, spesies invasif, pengelolaan muara, arkeologi, perencanaan kota, transportasi, kesehatan.

perawatan, perencanaan bisnis dan layanan, real estat, pariwisata, perencanaan komunitas, perencanaan tanggap darurat, penilaian polusi, layanan publik, dan operasi militer.

Banyak bidang seperti sumber daya alam, pertanian, dan kehutanan bersifat umum dan dapat memiliki banyak subbidang. Oleh karena itu, daftar aplikasi SIG ini belum lengkap dan akan terus bertambah di masa mendatang.

Sejumlah lembaga federal AS lainnya juga menawarkan data dan aplikasi GIS di situs web mereka:

- Portal GIS Departemen Perumahan dan Pembangunan Perkotaan AS menawarkan perangkat untuk menemukan Zona Pemberdayaan, Komunitas Pembaruan, Komunitas Perusahaan, dan rumah HUD yang tersedia untuk dijual. Portal ini juga memiliki perangkat untuk mempersiapkan dan memetakan komunitas dan lingkungan untuk program hibah HUD (<https://www.huduser.gov/portal/egis/index.html>).
- Gudang data Departemen Kesehatan dan Layanan Kemanusiaan AS menyediakan akses ke informasi tentang sumber daya kesehatan termasuk pusat kesehatan masyarakat (<http://datawarehouse.hrsa.gov/>).
- Portal GIS Layanan Cuaca Nasional
Menyediakan data cuaca yang kompatibel dengan GIS seperti estimasi curah hujan, data hidrometeorologi, dan citra radar (<http://www.weather.gov/gis/>). Data terkini dan historis mengenai kecepatan dan lintasan angin siklon tropis tersedia melalui Pusat Badai (<http://www.nhc.noaa.gov/>).
- Situs web GIS dalam transportasi milik Federal Highway Administration memiliki tautan ke aplikasi GIS, termasuk praktik GIS negara bagian dan lokal, upaya GIS FHWA, dan

aplikasi nasional (<http://www.gis.fhwa.dot.gov/apps.asp>).

- Pusat Layanan Geospasial dan Teknologi Dinas Kehutanan menyediakan berbagai produk informasi geografis dan layanan teknis serta pelatihan terkait (<http://www.fs.fed.us/gstc/>).
- Program Departemen Pertanian AS tentang teknologi presisi, geospasial, dan sensor berfokus pada pengelolaan tanaman spesifik lokasi dan topik lainnya (<https://nifa.usda.gov/program/precision-geospatial-sensor-technologies-programs>) (Kotak 1.4).

Di sektor swasta, sebagian besar aplikasi SIG terintegrasi dengan internet, GPS, teknologi nirkabel, dan layanan web. Berikut ini beberapa aplikasinya:

- Situs web pemetaan daring menawarkan pencari lokasi untuk menemukan daftar real estat, persewaan liburan, bank, restoran, kedai kopi, dan hotel.
- Layanan berbasis lokasi memungkinkan pengguna ponsel untuk mencari bank, restoran, dan taksi terdekat; dan untuk melacak teman, teman kencan, anak-anak, dan orang tua (Kotak 1.5).
- GIS seluler memungkinkan pekerja lapangan untuk mengumpulkan dan mengakses data geospasial di lapangan.



Kotak 1.4 Pertanian Presisi

Pengelolaan tanaman spesifik lokasi identik dengan pertanian presisi, salah satu aplikasi GIS awal.

Para petani mulai menerapkan pertanian presisi pada akhir tahun 1980-an untuk menerapkan pupuk ke lahan mereka sesuai dengan kondisi tanah yang berbeda. Gebbers dan Adamchuk

(2010) melaporkan bahwa pertanian presisi modern dapat mencapai tiga tujuan berikut: (1) mengoptimalkan

pemanfaatan sumber daya yang tersedia untuk meningkatkan keuntungan dan keberlanjutan usaha pertanian, (2) mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, dan (3) meningkatkan kualitas lingkungan kerja dan aspek sosial pertanian, peternakan, dan profesi terkait.

Menurut mereka, pertanian presisi sangat penting bagi ketahanan pangan masa depan.



Kotak 1.5 Layanan Berbasis Lokasi dan Jejaring Sosial

Itu Edisi ketiga (2005) buku ini memperkenalkan layanan berbasis lokasi Dodgeball sebagai contoh jembatan antara SIG dan jejaring sosial. Tagline Dodgeball adalah "menemukan teman dan teman dari teman dalam radius 10 blok." Layanan ini sukses besar, yang kemudian mendorong Google untuk membeli Dodgeball pada tahun 2005. Namun, kemitraan tersebut tidak berhasil dan pada tahun 2009, salah satu pendiri Dodgeball Now, dan Waze menyediakan layanan serupa.

Foursquare, situs web jejaring sosial berbasis lokasi untuk perangkat seluler, telah diluncurkan. Pengguna aplikasi Foursquare dapat mengunggah lokasi mereka di suatu tempat di Twitter atau Facebook dan terhubung dengan teman-teman mereka. Tentu saja, Foursquare bukan satu-satunya situs web jejaring sosial berbasis lokasi; Facebook Places, Glympse, Google Now, dan Waze menyediakan layanan serupa.

- Alat manajemen sumber daya seluler melacak dan mengelola lokasi kru lapangan dan aset bergerak secara real-time.
- Sistem navigasi otomotif menyediakan informasi belok panduan belokan demi belokan dan rute optimal berdasarkan pemetaan jalan yang tepat menggunakan GPS dan kamera.
- Analisis area pasar mengidentifikasi area yang layak diperluas dengan memeriksa lokasi cabang, lokasi pesaing, dan karakteristik demografis.
- Realitas tertambah memungkinkan pengguna telepon pintar melihat melalui kamera telepon dengan data atau gambar yang ditumpangkan (misalnya, medan 3-D dari GIS, monster di Pokémon Go) tentang lokasi saat ini.

1.4 INTEGRASI GIS, WEB2.0, DAN TEKNOLOGI MOBILE

Bagian ini mengkaji perkembangan baru dan penting dalam penggabungan SIG, Web 2.0, dan teknologi seluler. Perkembangan ini bukanlah aplikasi SIG "tradisional" dalam artian kita menggunakan SIG desktop untuk melakukan tugas-tugas rutin seperti proyeksi, manajemen data, eksplorasi data, dan analisis data; melainkan, perkembangan ini mengikuti gagasan Web 2.0 dengan berfokus pada aplikasi yang memfasilitasi desain dan kolaborasi yang berpusat pada pengguna. Aplikasi-aplikasi populer ini telah memperkenalkan SIG kepada masyarakat umum dan memperluas penggunaan SIG dalam kehidupan sehari-hari.

1.4.1 Pemetaan Web

Untuk **pemetaan web**, server menyediakan peta dan gambar melalui peramban (misalnya, peramban berbasis peta), yang diakses oleh klien untuk tampilan data, kueri data, dan pemetaan. Pada tahun 1996, MapQuest menawarkan layanan pemetaan daring pertama, termasuk pencocokan alamat dan perencanaan perjalanan dengan keluaran peta. Layanan pemetaan lainnya segera disiapkan oleh USGS pada tahun 1997 dan Biro Sensus AS pada tahun 2001. Kemudian pada tahun 2004, NOAA memperkenalkan World Wind, sebuah program sumber terbuka gratis yang memungkinkan pengguna untuk melapisi citra satelit, foto udara, peta topografi, dan data SIG pada model Bumi 3D.

Meskipun pemetaan web sudah umum di awal tahun 2000-an, pemetaan web baru populer di kalangan masyarakat umum pada tahun 2005, ketika Google memperkenalkan Google Maps dan Google Earth. Google Maps memungkinkan pengguna mencari alamat atau bisnis dan mendapatkan petunjuk arah ke lokasi tersebut. Google Earth menampilkan peta 3D permukaan bumi, saat pengguna memperbesar peta dari luar angkasa hingga ke permukaan jalan (Butler 2006). Google terus menambahkan fitur-fitur baru, seperti tampilan jalan, bangunan 3D, dan Google Trips, ke Google Maps dan Google Earth sejak tahun 2005. Google juga telah membeli Skybox Imaging (berganti nama menjadi Terra Bella pada tahun 2016) untuk memiliki citra terbarunya sendiri.

Keberhasilan Google Maps telah menyebabkan munculnya layanan sejenis dari perusahaan lain termasuk Bing Maps (sebelumnya Microsoft Virtual Earth), Yahoo! Maps, Apple Maps, dan HERE (dimiliki bersama oleh Audi, BMW, dan Daimler).

Popularitas pemetaan Web telah meruntuhkan hambatan terhadap penggunaan data dan teknologi geospasial oleh publik, yang pada gilirannya telah menghasilkan perkembangan lain seperti pemetaan mashup, pemetaan Web kolaboratif, informasi geografis sukarela, dan eksplorasi data geososial, seperti yang dijelaskan secara singkat dalam subbagian berikut.

1.4.2 Pemetaan Mashup

Pemetaan mashup memungkinkan pengguna untuk menjadi "kartografer baru instan" dengan menggabungkan konten mereka (misalnya, teks, foto, dan video) dengan pemetaan berbasis Web kolaboratif antar pengguna terdaftar yang secara sukarela

peta (Liu dan Palen 2010). Pada tahun 2006, Google Maps memperkenalkan Antarmuka Pemrograman Aplikasi (API) gratis untuk membuat "mash-up Google Maps". Contoh mash-up Google Maps dapat dilihat di Google Maps Mania (<http://www.googlemapsmania.blogspot.com/>) dan Wikimapia (<http://wikimapia.org>). Ide mash-up Google Maps dengan cepat menemukan aplikasi komersialnya di bidang real estat, persewaan liburan, layanan taksi, dan banyak lagi. Sebuah add-on untuk Google Maps, My Maps, diperkenalkan pada tahun 2007, yang memungkinkan pengguna menandai lokasi, jalur, dan wilayah yang diminati pada peta yang dipersonalisasi, dan menyematkan peta tersebut di situs web atau blog.

Pemetaan mashup juga tersedia di situs web yang dikelola oleh instansi pemerintah. Misalnya, Platform Geospasial (<http://www.geoplatform.gov>), yang diperkenalkan oleh Komite Data Geografis Federal pada tahun 2011, memungkinkan pengguna membuat peta dengan menggabungkan data mereka sendiri dengan data domain publik yang ada. Peta-peta yang dibuat di Platform Geospasial ini kemudian dapat dibagikan dengan orang lain melalui peramban dan teknologi seluler.

Bagi pengguna GIS, pemetaan mashup dapat mengambil bentuk berbeda dengan mengintegrasikan lapisan dan peta yang dihasilkan dari paket GIS dengan Google Earth. Hal ini dilakukan dengan mengonversi lapisan dan peta ke dalam format KML (Keyhole Markup Language), format berkas yang digunakan Google Earth untuk menampilkan data geografis. Berkas KML juga tersedia untuk diunduh dari beberapa lembaga pemerintah: batas wilayah negara bagian dan nasional dari Biro Sensus AS; data debit sungai, alat ukur aliran sungai, dan batas DAS dari USGS; dan data hidrometeorologi dari Badan Meteorologi Nasional.

1.4.3 Pemetaan Web Kolaboratif

Seiring dengan semakin mudahnya pemetaan mashup diakses oleh masyarakat umum, wajar jika pengguna berkolaborasi dalam berbagai proyek. Salah satu proyek yang paling banyak digunakan dan dikutip adalah OpenStreetMap (OSM), yang diluncurkan pada tahun 2004 (Neis dan Zielstra 2014). Sering digambarkan sebagai Peta Dunia Wiki Gratis yang menyediakan data geografis gratis bagi siapa pun, OSM adalah proyek kolaboratif antar pengguna terdaftar yang secara sukarela

Mengumpulkan data, seperti jaringan jalan, bangunan, tata guna lahan, dan transportasi umum, menggunakan GPS, foto udara, dan sumber gratis lainnya (<https://www.openstreetmap.org/>). Komunitas OSM telah aktif dalam proyek-proyek bantuan bencana, termasuk upaya pemetaan pasca-gempa di Haiti (Meier 2012). Pada tahun 2016, OSM mengklaim memiliki 3 juta pengguna di seluruh dunia.

Contoh lain pemetaan web kolaboratif adalah Flightradar24, yang menampilkan informasi penerbangan pesawat secara real-time pada peta (<https://www.flightradar24.com/>). Diluncurkan pada tahun 2006, Flightradar24 menggabungkan data dari berbagai sumber, termasuk informasi yang dikumpulkan oleh relawan dengan penerima ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast). Ada banyak proyek pemetaan web kolaboratif lainnya yang diinisiasi oleh komunitas dan organisasi. Beberapa di antaranya telah menggunakan teknologi OSM dalam pekerjaan mereka, seperti yang ditunjukkan dalam pemetaan komunitas sumber pangan di lingkungan Philadelphia (Quinn dan Yapa 2016).

1.4.4 Informasi geografis sukarela

Informasi geografis sukarela (VGI) adalah istilah yang dicetuskan oleh Goodchild (2007) untuk menggambarkan informasi geografis yang dihasilkan oleh publik menggunakan aplikasi dan layanan web. VGI adalah contoh lain dari informasi geografis yang dihasilkan publik atau crowdsourced. Dalam banyak kasus, VGI tidak dapat dipisahkan dari pemetaan web kolaboratif. Misalnya, OSM mengandalkan VGI untuk menyusun peta rute jalan atau sepeda. Namun, karena dapat menyediakan data mendekati waktu nyata, VGI sangat berguna untuk manajemen bencana (Haworth dan Bruce 2015). Data waktu nyata, yang menggabungkan gambar ber-geotag dan konten media sosial, dapat memungkinkan pembagian informasi penting yang cepat untuk manajemen bencana. VGI telah dilaporkan berguna dalam mengelola kebakaran hutan di California Selatan (Goodchild dan Glennon 2010), dan gempa bumi di Haiti (Zook dkk.

2010). VGI juga digunakan di sektor swasta. Misalnya, Map Creator (<https://mapcreator.here.com>) memungkinkan pengguna HERE melaporkan perubahan lokasi alamat, toko, jalan, jembatan, dan fitur lain yang umum pada peta HERE.

Kekhawatiran utama terkait VGI adalah akurasi dan keandalannya, terkait lokasi geografis dan narasinya (misalnya, Haklay dkk. 2010). Kekhawatiran lainnya adalah penggunaan etisnya; jenis informasi pribadi yang dibagikan selama bencana dapat menimbulkan risiko potensial karena dapat diakses oleh banyak orang, termasuk mereka yang memiliki niat tidak etis (Crawford dan Finn 2015).

1.4.5 Eksplorasi Data Geososial

Data geososial mengacu pada unggahan yang diberi geotag di jejaring sosial seperti Facebook, Twitter, Instagram, Flickr, dan YouTube. Dengan menggunakan ponsel pintar atau perangkat berkemampuan GPS lainnya, orang-orang dapat dengan mudah mengumpulkan dan membagikan data lokasi mereka serta informasi terkini terkait lokasi tersebut. Data geososial dapat digunakan untuk manajemen bencana, sebagaimana dijelaskan di Bagian 1.4.4, tetapi dapat memiliki cakupan aplikasi yang lebih luas, termasuk rekomendasi sistem, pemantauan lalu lintas, perencanaan kota, kesehatan masyarakat, dan pelacakan selebritas (Kanza dan Samet 2015).

Dikodekan dengan lokasi dan waktu untuk setiap pengguna, data geososial sering kali berukuran besar dan menghadirkan tantangan baru dalam SIG (Sui dan Goodchild 2011). Penelitian yang dilakukan oleh Crampton et al. (2013) dan Shelton et al. (2014) menganjurkan bahwa, dalam bekerja dengan “big data,” kita harus melampaui visualisasi statis data yang diberi geotag dan memperhatikan proses sosial dan spasial di balik data tersebut.

1.5 ORGANISASI BUKU INI

Berdasarkan elemen-elemen SIG yang diuraikan di Bagian 1.2, buku ini dibagi menjadi enam bagian utama: data geospasial (Bab 2–4), akuisisi data (Bab 5–7), manajemen data atribut (Bab 8), tampilan data (Bab 9), eksplorasi data (Bab 10), dan analisis data (Bab 11–18) (Tabel 1.1). Delapan bab tentang analisis data meliputi: analisis data inti di Bab 11 dan 12; analisis medan di Bab 13 dan 14; interpolasi spasial di Bab 15; geocoding dan segmentasi dinamis di Bab 16;

analisis jalur dan jaringan di Bab 17; dan model dan pemodelan GIS di Bab 18. Buku ini tidak memiliki bab yang didedikasikan untuk penginderaan jauh atau aplikasi Web; sebaliknya, topik-topik ini dimasukkan ke dalam berbagai bab dan tugas akhir bab.

1.6 KONSEP DAN PRAKTIK

Setiap bab dalam buku ini memiliki dua bagian utama. Bagian pertama mencakup serangkaian topik dan konsep, dan bagian kedua mencakup aplikasi dengan dua hingga tujuh tugas pemecahan masalah. Materi tambahan di bagian pertama meliputi kotak informasi, situs web, konsep dan istilah kunci, serta pertanyaan tinjauan. Bagian aplikasi menyediakan instruksi langkah demi langkah serta pertanyaan untuk memperkuat proses pembelajaran. Kita tidak akan belajar dengan baik hanya dengan mengikuti instruksi untuk menyelesaikan tugas tanpa berhenti sejenak dan memikirkan prosesnya. Sebuah pertanyaan tantangan juga disertakan di akhir setiap bagian aplikasi untuk lebih mengembangkan keterampilan yang diperlukan dalam pemecahan masalah.

Setiap bab diakhiri dengan bibliografi yang luas dan terkini.

Buku ini menekankan konsep dan praktik. Konsep SIG menjelaskan tujuan dan sasaran operasi SIG serta keterkaitan antar operasi SIG. Pemahaman dasar tentang proyeksi peta, misalnya, menjelaskan mengapa lapisan peta sering diproyeksikan ke dalam sistem koordinat umum untuk penyalarasan spasial dan mengapa berbagai parameter proyeksi diperlukan sebagai masukan. Pengetahuan tentang proyeksi peta bersifat jangka panjang, karena

Pengetahuan tidak akan berubah seiring perkembangan teknologi dan tidak akan ketinggalan zaman dengan versi baru paket GIS.

SIG merupakan ilmu sekaligus alat pemecahan masalah (Wright, Goodchild, dan Proctor 1997; Goodchild 2003). Untuk menerapkan alat ini dengan benar dan efisien, seseorang harus mahir menggunakannya.

Latihan, yang merupakan fitur umum dalam buku teks matematika dan statistik, sebenarnya merupakan satu-satunya cara untuk menjadi mahir dalam menggunakan SIG. Latihan juga dapat membantu seseorang memahami konsep-konsep SIG. Misalnya, galat akar kuadrat rata-rata (RMS), suatu ukuran galat untuk transformasi geometri, mungkin sulit dipahami secara matematis; tetapi setelah beberapa transformasi geometri, galat RMS mulai lebih masuk akal karena pengguna dapat melihat bagaimana ukuran galat berubah setiap kali dengan serangkaian titik kontrol yang berbeda.

Bagian latihan dalam buku teks SIG memerlukan set data dan perangkat lunak SIG. Banyak set data yang digunakan dalam buku ini berasal dari kelas SIG yang diajarkan di Universitas Idaho dan Universitas Nasional Taiwan selama lebih dari 20 tahun, sementara beberapa diunduh dari internet. Instruksi yang menyertai latihan berkorelasi dengan ArcGIS 10.5. Sebagian besar tugas menggunakan ArcGIS dengan lisensi tingkat Dasar dan ekstensi Spatial Analyst, 3D Analyst, Geo-statistical Analyst, Network Analyst, dan ArcScan.

Jika memungkinkan, buku ini menyediakan URL agar pembaca dapat menggunakan URL agar mengumpulkan informasi atau data tambahan. Namun, beberapa URL ini mungkin rusak setelah buku ini diterbitkan. Dalam banyak kasus, Anda dapat menemukan URL baru melalui pencarian kata kunci.

KONSEP DAN ISTILAH UTAMA

Eksplorasi data : Kueri dan analisis yang berpusat pada data.

Segmentasi dinamis: Model data yang memungkinkan penggunaan data yang diukur secara linear pada sistem koordinat.

Sistem informasi geografis (SIG): Sistem komputer untuk menangkap, menyimpan, menanyakan, menganalisis, dan menampilkan data geospasial.

Model data georelasional: Model data vektor yang menggunakan sistem terpisah untuk menyimpan geometri dan atribut.

Data geososial : Postingan yang diberi tag geografis di jejaring sosial seperti Twitter dan Instagram.

Data geospasial : Data yang menggambarkan lokasi dan karakteristik fitur spasial di permukaan Bumi.

Pemetaan Mashup : Pemetaan yang menggabungkan konten pengguna (misalnya, teks, foto, dan video) dengan peta berbasis Web.

Model data berbasis objek: Model data yang menggunakan objek untuk mengatur data spasial dan menyimpan geometri dan atribut dalam satu sistem.

Model data raster: Model data yang menggunakan kisi dan sel untuk mewakili variasi spasial suatu fitur.

Basis data relasional: Kumpulan tabel yang terhubung satu sama lain melalui kunci.

Topologi: Subbidang matematika yang, ketika diterapkan pada SIG, memastikan bahwa hubungan spasial antara fitur dinyatakan secara eksplisit.

Jaringan tak beraturan segitiga (TIN):

Data vektor komposit yang memperkirakan medan dengan serangkaian segitiga yang tidak tumpang tindih.

Model data vektor: Model data spasial yang menggunakan titik dan koordinat x, y untuk membangun fitur spasial titik, garis, dan poligon.

Informasi geografis yang diberikan secara sukarela : Informasi geografis yang dihasilkan oleh publik menggunakan aplikasi dan layanan Web.

PERTANYAAN ULASAN

1. Jelaskan yang dimaksud dengan data geospasial.
2. Jelaskan contoh penerapan SIG dari disiplin Anda.
3. Kunjungi situs web Peta Nasional USGS (<http://nationalmap.gov/viewer.html>) dan melihat jenis data geospasial apa yang tersedia untuk diunduh.
4. Kunjungi situs web Institut Keadilan Nasional (<http://www.ojp.usdoj.gov/nij/maps/>) dan baca bagaimana GIS digunakan untuk analisis kejahatan.
5. Layanan berbasis lokasi mungkin merupakan bidang SIG yang paling dikomersialkan. Cari "layanan berbasis lokasi" di Wikipedia (<http://www.wikipedia.org/>) dan membaca apa yang telah diposting pada topik tersebut.
6. Jenis perangkat lunak dan perangkat keras apa yang saat ini Anda gunakan untuk kelas dan proyek GIS?
7. Cobalah pencari peta yang ditawarkan oleh Microsoft Virtual Earth, Yahoo! Maps, dan Google Maps. Sebutkan perbedaan utama di antara ketiga sistem ini.
8. Definisikan geometri dan atribut sebagai dua komponen data GIS.
9. Jelaskan perbedaan antara data vektor dan data raster.
10. Jelaskan perbedaan antara model data georelasional dan model data berbasis objek.
11. Berikan contoh pemetaan mashup.
12. Mengapa "informasi geografis sukarela" berguna untuk manajemen bencana?
13. Tautan berikut, <http://www.openstreetmap.org/#map=12/52.1977/0.1507>, menunjukkan peta Cambridge, Inggris, berdasarkan data OpenStreetMap. Gunakan peta tersebut untuk membandingkan kualitas data OpenStreetMap dengan Google Maps.
14. Misalkan Anda diminta mengerjakan proyek SIG untuk sebuah kelas. Jenis kegiatan atau operasi apa yang harus Anda lakukan untuk menyelesaikan proyek tersebut?
15. Sebutkan dua contoh analisis data vektor.
16. Sebutkan dua contoh analisis data raster.
17. Jelaskan contoh dari disiplin ilmu Anda di mana SIG dapat menyediakan alat yang berguna untuk membangun suatu model.

APLIKASI: PENDAHULUAN



ArcGIS menggunakan satu arsitektur dan antarmuka pengguna yang skalabel. ArcGIS memiliki tiga tingkat lisensi: Dasar, Standar, dan Lanjutan. Ketiga tingkat ini menggunakan aplikasi ArcCatalog dan ArcMap yang sama dan berbagi ekstensi yang sama seperti Spatial Analyst, 3D Analyst, Network Analyst, dan Geo-statistical Analyst. Namun, ketiganya memiliki rangkaian operasi yang berbeda. Buku ini menggunakan ArcGIS 10.5.

Baik ArcCatalog maupun ArcMap memiliki menu Kustomisasi. Ketika Anda mengeklik Ekstensi pada menu Kustomisasi, daftar ekstensi akan ditampilkan dan Anda dapat memilih ekstensi yang ingin digunakan. Jika kontrol ekstensi (misalnya, Analis Geostatistik) berada di bilah alat, Anda juga harus memeriksa bilah alatnya (misalnya, Analis Geostatistik) dari bilah Alat yang dapat ditarik ke kanan di menu Kustomisasi.

Bagian aplikasi ini mencakup dua tugas. Tugas 1 memperkenalkan ArcCatalog dan ArcToolbox, dan Tugas 2 memperkenalkan ArcMap dan ekstensi Spatial Analyst. Format data vektor dan raster yang digunakan dalam kedua tugas tersebut dibahas masing-masing di Bab 3 dan 4. Konvensi tipografi yang digunakan dalam instruksi ini meliputi jenis huruf miring untuk set data (misalnya, emidalat) dan huruf tebal untuk pertanyaan (misalnya, Q1).

Tugas 1 Pengantar ArcCatalog

Yang Anda perlukan: emidalat, raster elevasi; dan emidastrm.shp, shapefile aliran.

Tugas 1 memperkenalkan ArcCatalog, sebuah aplikasi untuk mengelola kumpulan data.

1. Jalankan ArcCatalog di menu program.

ArcCatalog memungkinkan Anda mengatur koneksi ke sumber data Anda, yang mungkin berada dalam folder di disk lokal atau di database jaringan. Untuk Tugas 1, pertama-tama Anda akan terhubung ke folder yang berisi database Bab 1 (misalnya, bab 1). Klik tombol Hubungkan ke Folder. Arahkan ke folder bab 1 dan klik OK. Folder bab 1 sekarang muncul di pohon Katalog di bawah Folder.

Koneksi. Perluas folder untuk melihat kumpulan data.

2. Klik emidalat di pohon Katalog. Klik

Tab Pratinjau untuk melihat raster elevasi. Klik emidastrm.shp di pohon Katalog. Pada tab Pratinjau, Anda dapat melihat pratinjau geografi atau tabel emidastrm.shp.

3. ArcCatalog memiliki alat untuk berbagai manajemen data

tugas manajemen. Anda dapat mengakses alat-alat ini dengan mengklik kanan kumpulan data untuk membuka menu konteksnya. Klik kanan emidastrm.shp, dan menu akan menampilkan Salin, Hapus, Ganti Nama, Buat Layer, Ekspor, dan Properti. Menggunakan menu konteks, Anda dapat menyalin emidastrm.shp dan tempel ke folder lain, ganti namanya, atau hapus. Berkas layer adalah representasi visual dari suatu kumpulan data. Alat ekspor dapat mengekspor shapefile ke geodatabase dan format lainnya.

Dialog properti menampilkan informasi set data. Klik kanan emidalat dan pilih Properti. Dialog Properti Set Data Raster menunjukkan bahwa emidalat adalah set data raster yang diproyeksikan ke sistem koordinat Universal Transverse Mercator (UTM).

4. Langkah ini memungkinkan Anda membuat geodata pribadi

basis data, lalu impor emidalat dan emidastrm .shp ke geodatabase. Klik kanan database Bab 1 di pohon Katalog, arahkan ke Baru, lalu pilih Geodatabase Pribadi (Anda dapat melakukan hal yang sama menggunakan menu File).

Klik geodatabase baru dan ganti namanya menjadi Task1.mdb. Jika ekstensi .mdb tidak muncul, pilih Opsi ArcCatalog dari menu Kustomisasi dan pada tab Umum, hapus centang pada kotak untuk menyembunyikan ekstensi file.

5. Ada dua pilihan untuk mengimpor emidalat

dan emidastrm.shp ke Task1.mdb. Di sini, Anda menggunakan opsi pertama untuk mengimpor emidalat. Klik kanan Task1.mdb, arahkan ke Impor, lalu pilih Set Data Raster. Pada dialog berikutnya, navigasikan ke emidalat, tambahkan untuk raster input, lalu klik OK untuk mengimpor. Anda akan mendapatkan pesan

layar saat operasi impor selesai. (Anda juga akan melihat pesan dengan tanda X merah jika operasi gagal.)

6. Sekarang Anda akan menggunakan opsi kedua, ArcTool-box, untuk mengimpor emidastrm.shp ke Task1.mdb.
Bilah alat standar ArcCatalog memiliki tombol bernama ArcToolbox. Klik tombol tersebut untuk membuka ArcToolbox. Klik kanan ArcToolbox, lalu pilih Environments. Dialog Environment Settings memungkinkan Anda mengatur ruang kerja, yang penting untuk sebagian besar operasi. Klik panah tarik-turun untuk Workspace. Arahkan ke database Bab 1 dan atur menjadi ruang kerja saat ini dan ruang kerja awal.

Tutup jendela Pengaturan Lingkungan.
Alat-alat di ArcToolbox disusun dalam hierarki. Alat yang Anda butuhkan untuk mengimpor emidastrm.shp berada di dalam perangkat Alat Konversi/Ke Geodatabase. Klik dua kali "Kelas Fitur ke Kelas Fitur" untuk membuka alat tersebut. Pilih emidastrm.shp untuk fitur input, pilih Task1.mdb untuk lokasi output, tentukan emidastrm untuk nama kelas fitur output, dan klik OK. Perlus Task1.mdb

dan pastikan bahwa operasi impor telah selesai.

- Q1.** Jumlah alat yang dapat digunakan di ArcToolbox bervariasi tergantung pada lisensi ArcGIS yang Anda gunakan. Informasi lisensi tersedia di ArcGIS 10.5 Desktop Help di menu program, yang disusun berdasarkan kotak alat. Misalnya, untuk mendapatkan informasi lisensi alat dari Kelas Fitur ke Kelas Fitur, Anda akan membuka Referensi Alat/Kotak Alat Konversi/

Lisensi kotak peralatan konversi. Apakah alat Kelas Fitur ke Kelas Fitur untuk Tugas 1 tersedia untuk ketiga tingkat lisensi ArcGIS?

Tugas 2 Pengantar ArcMap

Yang Anda butuhkan: emidalat dan emidastrm.shp, sama seperti Tugas 1.

Di Tugas 2, Anda akan mempelajari dasar-dasar bekerja dengan ArcMap. Dimulai di ArcGIS 10.0, ArcMap memiliki tombol Katalog yang memungkinkan Anda membuka Katalog langsung di ArcMap. Katalog memungkinkan Anda untuk melakukan

fungsi dan tugas yang sama seperti menyalin dan menghapus seperti di ArcCatalog.

1. ArcMap adalah aplikasi utama untuk data

Tampilan, kueri data, analisis data, dan keluaran data. Anda dapat memulai ArcMap dengan mengeklik tombol ArcMap di ArcCatalog atau dari menu Program. Mulailah dengan dokumen peta kosong baru. ArcMap mengatur set data ke dalam bingkai data (juga disebut peta). Anda akan membuka bingkai data baru bernama Layers saat meluncurkan ArcMap. Klik kanan Layers, lalu pilih Properties. Pada tab General, ubah nama Layers menjadi Task 2 dan klik OK.

2. Selanjutnya, tambahkan emidalat dan emidastrm.shp ke

Tugas 2. Klik tombol Tambah Data di ArcMap, navigasikan ke database Bab 1, lalu pilih emidalat dan emidastrm.shp. Untuk memilih lebih dari satu set data yang akan ditambahkan, klik set data tersebut sambil menahan tombol Ctrl. Alternatif lain untuk menggunakan tombol Tambah Data adalah dengan menggunakan metode seret dan lepas, dengan menyeret set data dari pohon Katalog dan meletakkannya di jendela tampilan ArcMap.

3. Sebuah pesan peringatan menyatakan bahwa satu atau

beberapa lapisan kehilangan informasi referensi spasial. Klik OK untuk menutup dialog; emidastrm.shp tidak memiliki informasi proyeksi, meskipun didasarkan pada sistem koordinat UTM, seperti halnya emidalat. Anda akan mempelajari cara mendefinisikan sistem koordinat di Bab 2.

4. Baik emidastrm maupun emidalat disorot dalam daftar isi,

artinya keduanya aktif. Anda dapat menonaktifkannya dengan mengeklik ruang kosong. Daftar isi memiliki lima tab: Daftar berdasarkan Urutan Gambar, Daftar berdasarkan Sumber, Daftar berdasarkan Visibilitas, Daftar berdasarkan Pilihan, dan Opsi. Pada tab Daftar berdasarkan Urutan Gambar, Anda dapat mengubah urutan gambar layer dengan menyeret dan melepas layer ke atas atau ke bawah.

Tab "Daftar berdasarkan Sumber" menampilkan sumber data setiap lapisan. Tab "Daftar berdasarkan Visibilitas" memungkinkan Anda mengaktifkan atau menonaktifkan lapisan dalam bingkai data. Tab Daftar berdasarkan Pilihan mencantumkan lapisan yang dapat dipilih. Tombol Opsi memungkinkan Anda mengubah

Perilaku dan tampilan daftar isi. Kembali ke Daftar berdasarkan Urutan Gambar.

Q2. Apakah ArcMap menggambar lapisan teratas dalam daftar isi terlebih dahulu?

5. Toolbar Standar di ArcMap memiliki alat-alat seperti Zoom In, Zoom Out, Pan, Full Extent, Select Elements, dan Identify. Saat Anda mengarahkan cursor tetikus ke suatu alat, sebuah kotak pesan akan muncul berisi deskripsi alat dan metode pintasannya.

6. ArcMap memiliki dua tampilan: Tampilan Data dan Tampilan Tata Letak. (Tombol untuk kedua tampilan tersebut terletak di bagian bawah jendela tampilan.) Tampilan Data digunakan untuk melihat data, sedangkan Tampilan Tata Letak digunakan untuk melihat produk peta yang akan dicetak dan diplot. Untuk tugas ini, Anda akan tetap menggunakan Tampilan Data.

7. Langkah ini untuk mengubah simbol emidas-trm. Klik simbol emidastrm di daftar isi untuk membuka dialog Pemilih Simbol. Anda dapat memilih simbol yang telah ditetapkan (misalnya, sungai) atau membuat simbol Anda sendiri untuk emidastrm dengan menentukan warna dan lebarnya atau mengedit simbolnya. Pilih simbol yang telah ditetapkan untuk sungai.

8. Selanjutnya, klasifikasikan emidalat ke dalam zona elevasi <900, 900–1000, 1000–1100, 1100–1200, 1200–1300, dan >1300 meter. Klik kanan emidalat, lalu pilih Properti. Pada tab Simbologi, klik Klasifikasi di bingkai Perlihatkan, lalu klik Ya untuk membuat histogram. Ubah jumlah kelas menjadi 6, lalu klik tombol Klasifikasi. Daftar tarik-turun Metode menampilkan tujuh metode. Pilih Manual. Ada dua cara untuk mengatur nilai batas zona elevasi secara manual. Untuk menggunakan metode pertama, klik garis putus-putus pertama dan seret ke nilai data di dekat 900. Kemudian, atur garis putus-putus lainnya di dekat 1000, 1100, 1200, 1300, dan 1337. Untuk menggunakan metode kedua, yang biasanya lebih disukai, klik sel pertama dalam bingkai Nilai Putus dan masukkan 900. Kemudian masukkan 1000, 1100, 1200, dan 1300 untuk empat sel berikutnya. (Jika nilai putus-putus yang Anda masukkan diubah ke nilai yang berbeda, masukkan kembali.) Gunakan metode kedua untuk

Atur nilai pemisah, lalu klik OK untuk menutup dialog Klasifikasi. Pada dialog Properti Lapisan, ubah rentang nilai di bawah Label menjadi 855–900, 900–1.000, 1.000–1.100, 1.100–1.200, 1.200–1.300, dan 1.300–1.337.

(Hapus angka 0 yang tidak perlu pada digit desimal karena angka tersebut mengganggu pada peta.)

Q3. Sebutkan metode klasifikasi lain selain Manual yang tersedia di ArcMap.

9. Anda dapat mengubah skema warna untuk emidalat dengan menggunakan daftar turun bawah Color Ramp. Terkadang lebih mudah memilih skema warna menggunakan kata-kata daripada tampilan grafis. Jika demikian, Anda dapat mengeklik kanan di dalam kotak Color Ramp dan menghapus centang pada Tampilan Grafis. Daftar tarik-turun Color Ramp sekarang menampilkan Putih ke Hitam, Kuning ke Merah, dan seterusnya. Pilih Elevasi #1. Klik OK untuk menutup dialog.

10. Langkah ini memungkinkan Anda membuat lapisan kemiringan dari emidalat. Pilih Ekstensi dari menu Kustomisasi dan centang Analis Spasial. Kemudian, klik tombol ArcToolbox untuk membuka ArcToolbox. Alat Slope berada di dalam rangkaian alat Spatial Analyst Tools/Surface. Klik dua kali alat Slope. Pada dialog Slope, pilih emidalat untuk raster input, simpan raster output sebagai slope, lalu klik OK. Slope ditambahkan ke Tugas 2.

11. Anda dapat menyimpan Tugas 2 sebagai dokumen peta sebelum keluar dari ArcMap. Pilih Simpan dari menu File di ArcMap. Buka database Bab 1, masukkan chap1 sebagai nama file, lalu klik Simpan. Set data yang ditampilkan di Tugas 2 sekarang disimpan dengan chap1.mxd. Untuk membuka kembali chap1.mxd, chap1.mxd harus berada di folder yang sama dengan set data yang dirujuknya.

Anda dapat menyimpan dokumen peta kapan saja selama sesi agar Anda tidak kehilangan pekerjaan yang telah Anda lakukan jika terjadi masalah tak terduga. Anda juga dapat menyimpan dokumen peta dengan opsi nama jalur relatif (misalnya, tanpa nama drive). Pilih Properti Dokumen Peta dari menu File ArcMap. Pada dialog berikutnya, centang kotak untuk menyimpan nama jalur relatif ke sumber data.

12. Untuk memastikan chap1.mxd tersimpan dengan benar, pertama-tama pilih Keluar dari menu File ArcMap. Kemudian, luncurkan kembali ArcMap. Klik chap1 atau pilih chap1.mxd dari menu File.

Tugas Tantangan

Yang Anda butuhkan: menan-buttes, raster elevasi. Pertanyaan tantangan ini meminta Anda untuk menampilkan menan-buttes dalam 10 zona ketinggian dan menyimpan peta bersama dengan Tugas 2 di chap1.mxd.

1. Buka chap1.mxd. Pilih Bingkai Data dari Menu Sisipkan ArcMap. Ubah nama bingkai data baru menjadi Tantangan, dan tambahkan menan-buttes ke Tantangan. Tantangan dicetak tebal, artinya aktif. (Jika tidak aktif, Anda dapat mengklik kanan Tantangan dan memilih Aktifkan.)

2. Tampilkan menan-buttes di 10 zona elevasi dengan menggunakan rampa warna elevasi #2 dan nilai jeda berikut: 4800, 4900, 5000, 5100, 5200, 5300, 5400, 5500, 5600, dan 5619 (kaki).

3. Simpan Tantangan dengan Tugas 2 di chap1.mxd.

REFERENSI

- Broome, FR, dan DB Meixler. 1990. Basis Data TIGER Struktur. Kartografi dan Sistem Informasi Geografis 17:39–47.
- Butler, D. 2006. Globe Virtual: Dunia Web. Alam 439:776–778.
- Chrisman, N. 1988. Risiko Inovasi Perangkat Lunak: Sebuah Kasus Studi di Laboratorium Harvard. Kartografer Amerika 15:291–300.
- Coppock, JT 1988. Revolusi Analog ke Digital: Pandangan dari Seorang Geografer yang Belum Direkonstruksi. Kartografer Amerika 15:263–75.
- Crampton, JW, M. Graham, A. Poorthuis, T. Shelton, M. Stephens, MW Wilson, dan M. Zook. 2013. Melampaui Geotag: Menempatkan "Data Besar" dan Memanfaatkan Potensi Geoweb. Kartografi dan Ilmu Informasi Geografis 40:130–39.
- Crawford, K., dan M. Finn. 2015. Batasan Data Krisis: Tantangan Analitis dan Etika dalam Penggunaan Data Sosial dan Seluler untuk Memahami Bencana. GeoJurnal 80:491–502.
- Goodchild, MF 2003. Ilmu Informasi Geografis dan Sistem Manajemen Lingkungan. Tinjauan Tahunan Lingkungan & Sumber Daya 28:493–519.
- Goodchild, MF 2007. Warga Negara sebagai Sensor: Dunia Geografi Sukarelawan. GeoJournal 69:211–21.
- Goodchild, MF, dan JA Glennon. 2010. Crowdsourcing Informasi Geografis untuk Bencana Respons: Sebuah Batasan Penelitian. Jurnal Internasional Bumi Digital 3:231–41.
- Hahmann, S., dan D. Burghardt. 2013. Berapa Banyak Informasi yang Direferensikan Secara Geospasial? Jaringan dan Kognisi. Jurnal Internasional Ilmu Informasi Geografis 27: 1171–1189.
- Haklay, M. 2010. Seberapa Baikkah Informasi Geografis Sukarela? Sebuah Studi Perbandingan Data OpenStreetMap dan Ordnance Survey. Lingkungan dan Perencanaan B: Perencanaan dan Desain 37:682–703.
- Haworth, B., dan E. Bruce. 2015. Tinjauan Geo-Relawan Informasi Grafis untuk Manajemen Bencana. Kompas Geografi 9:237–50.
- Kanza, Y., dan H. Samet. 2015. Sebuah Pasar Daring untuk Data Geososial. Prosiding ACM SIGSPATIAL Internasional ke-23 Konferensi tentang Kemajuan dalam Sistem Informasi Geografis, Seattle, WA, November 2015.
- Liu, SB, dan L. Palen. 2010. Kartografer baru: Mashup peta krisis dan kemunculan praktik neogeografi. Kartografi dan Ilmu Informasi Geografis 37:69–90.
- McDougall, K., dan P. Temple-Watts. 2012. Penggunaan Lidar dan Informasi Geografis Sukarela untuk Memetakan Luas Banjir dan Genangan. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Penginderaan Jauh, dan Ilmu Informasi Spasial, I-4:251–56.
- McHarg, IL 1969. Desain dengan Alam. New York: Natural Pers Sejarah.
- Meier, P. 2012. Pemetaan Krisis dalam Aksi: Bagaimana Open Source

- Perangkat Lunak dan Jaringan Relawan Global Mengubah Dunia, Satu Peta pada Satu Waktu. Jurnal Perpustakaan Peta dan Geografi 8:89–100.
- Neis, P., dan D. Zielstra. 2014. Perkembangan Terbaru dan Tren Masa Depan dalam Kesukarelawanan Riset Informasi Geografis: Kasus OpenStreetMap. Future Internet 6:76–106; doi:10.3390/fi6010076.
- Quinn, S., dan L. Yapa. 2016. OpenStreetMap dan Ketahanan Pangan: Studi Kasus di Kota Philadelphia. The Professional Geographer 68:271–80.
- Rhind, D. 1988. Kepribadian sebagai Faktor dalam Pengembangan Suatu Disiplin: Contoh Kartografi Berbantuan Komputer.
- Kartografer Amerika 15:277–89.
- Shelton, T., A. Poorthuis, M. Graham, dan M. Zook. 2014. Memetakan Bayangan Data Badai Sandy: Mengungkap Dimensi Sosiospasial “Big Data.” Geoforum 52:167–79.
- Steiniger, S., dan AJS Hunter. 2012. Perangkat Lunak GIS Gratis dan Sumber Terbuka untuk Membangun Infrastruktur Data Spasial. Dalam E. Bocher dan M. Neteler, ed., Perangkat Lunak Geospasial Bebas dan Sumber Terbuka di Abad ke-21, hlm. 247–61. Berlin: Springer.
- Sui, D., dan M. Goodchild. 2011. Konvergensi GIS dan Media Sosial: Tantangan bagi GIScience. Jurnal Internasional Ilmu Informasi Geografis 25:1737–1748.
- Tomlinson, RF. 1984. Sistem Informasi Geografis: Batas Baru. The Operational Geographer 5:31–35.
- Wright, DJ, MF Goodchild, dan JD Proctor. 1997. Mengungkap Ambiguitas yang Berkelanjutan tentang GIS sebagai “Alat” versus “Sains.” Annals of the Association of American Geographers 87:346–62.
- Zook, M., M. Graham, T. Shelton, dan S. Gorman. 2010. Volun-Informasi Geografis dan Crowdsourcing Bantuan Bencana: Studi Kasus Gempa Haiti. Kebijakan Medis & Kesehatan Dunia 2:7–33.

2

SISTEM KOORDINAT

GARIS BESAR BAB

- 2.1 Sistem Koordinat Geografis
- 2.2 Proyeksi Peta
- 2.3 Proyeksi Peta yang Umum Digunakan

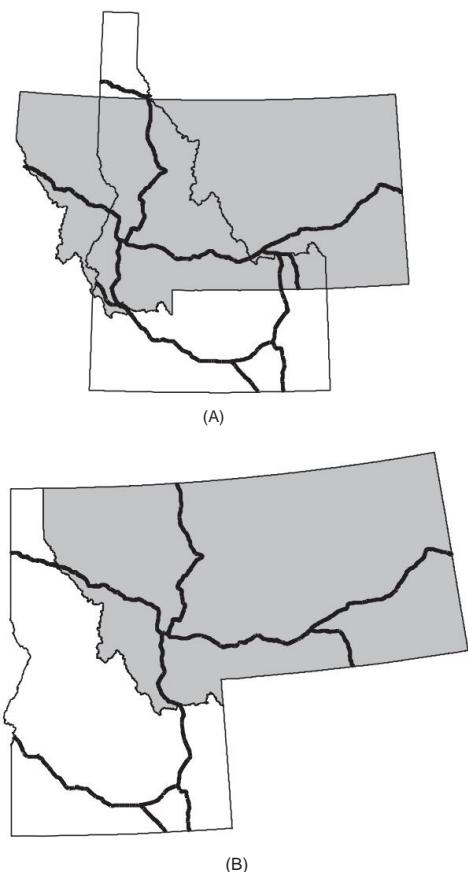
- 2.4 Sistem Koordinat yang Diproyeksikan
- 2.5 Pilihan untuk Sistem Koordinat dalam GIS

Prinsip dasar dalam sistem informasi geografis (SIG) adalah bahwa lapisan peta yang akan digunakan bersama harus selaras secara spasial. Kesalahan yang nyata dapat terjadi jika tidak selaras. Misalnya, Gambar 2.1 menunjukkan peta jalan raya antarnegara bagian Idaho dan Montana yang diunduh secara terpisah dari internet. Kedua peta tersebut tidak terekam secara spasial. Untuk menghubungkan jaringan jalan raya melintasi perbatasan negara bagian yang sama, kita harus mengonversinya ke sistem referensi spasial umum. Bab 2 membahas sistem koordinat, yang menyediakan referensi spasial.

Pengguna SIG biasanya bekerja dengan fitur peta pada bidang datar. Fitur peta ini merepresentasikan fitur spasial di permukaan Bumi. Lokasi fitur peta didasarkan pada bidang datar.

Sistem koordinat yang dinyatakan dalam koordinat x dan y, sedangkan lokasi fitur spasial di permukaan Bumi didasarkan pada sistem koordinat geografis yang dinyatakan dalam nilai lintang dan bujur. Proyeksi peta menjembatani kedua jenis sistem koordinat tersebut. Proses proyeksi mengubah permukaan Bumi menjadi bidang datar, dan hasilnya adalah proyeksi peta yang siap digunakan untuk sistem koordinat yang diproyeksikan.

Kami secara teratur mengunduh kumpulan data, baik vektor maupun raster, dari Internet untuk proyek GIS. Beberapa set data digital diukur dalam nilai lintang dan bujur, sementara yang lain berada dalam sistem koordinat proyeksi yang berbeda. Sebaiknya data-data ini diproses di awal proyek agar

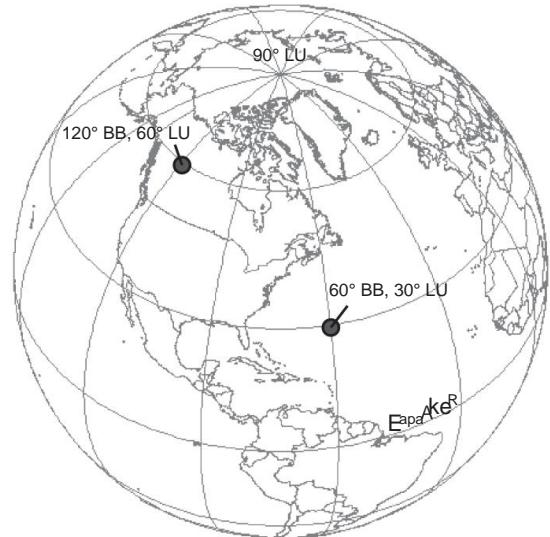
**Gambar 2.1**

Peta atas menunjukkan jalan raya antarnegara bagian di Idaho dan Montana berdasarkan sistem koordinat yang berbeda. Peta bawah menunjukkan jaringan antarnegara yang terhubung berdasarkan sistem koordinat yang sama.

Mereka berada pada sistem koordinat yang sama. Pemrosesan dalam hal ini berarti proyeksi dan reprojeksi.

Proyeksi mengubah kumpulan data dari koordinat geografis ke koordinat yang diproyeksikan, dan **melakukan proyeksi ulang** mengkonversi dari satu sistem koordinat yang diproyeksikan ke sistem lain. Biasanya, proyeksi dan reprojeksi merupakan salah satu tugas awal yang dilakukan dalam proyek SIG.

Bab 2 dibagi menjadi lima bagian berikut. Bagian 2.1 menjelaskan sistem koordinat geografis. Bagian 2.2 membahas proyeksi, jenis-jenis proyeksi peta, dan tujuan proyeksi peta.

**Gambar 2.2**

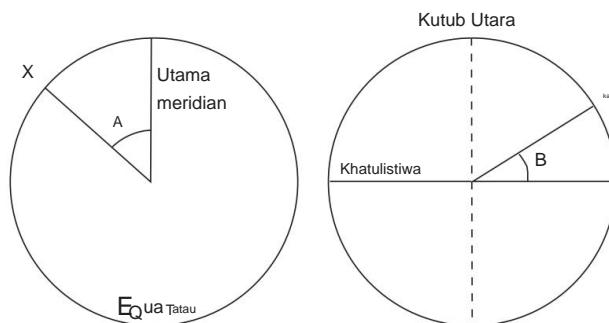
Sistem koordinat geografis.

Parameter. Bagian 2.3 dan 2.4 masing-masing membahas proyeksi peta dan sistem koordinat yang umum digunakan. Bagian 2.5 membahas cara bekerja dengan sistem koordinat dalam paket SIG.

2.1 KOORDINAT GEOGRAFIS SISTEM

Sistem **koordinat geografis** adalah sistem referensi untuk menentukan lokasi fitur spasial di permukaan Bumi (Gambar 2.2). Sistem koordinat geografis ditentukan oleh **garis bujur** dan **garis lintang**. Baik garis bujur maupun garis lintang merupakan ukuran sudut: garis bujur mengukur sudut timur atau barat dari meridian utama, dan garis lintang mengukur sudut utara atau selatan bidang ekuator. Pada Gambar 2.3, misalnya, garis bujur di titik X adalah sudut a di sebelah barat meridian utama, dan garis lintang di titik Y adalah sudut b di utara ekuator.

Meridian adalah garis bujur yang sama. Meridian utama melewati Greenwich, Inggris, dan memiliki pembacaan 0° . Dengan menggunakan meridian utama sebagai referensi, kita dapat mengukur nilai bujur.

**Gambar 2.3**

Pembacaan garis bujur di titik X diwakili oleh a di sebelah kiri, dan pembacaan garis lintang di titik Y diwakili oleh b di sebelah kanan. Pembacaan garis bujur dan garis lintang keduanya merupakan ukuran sudut.

suatu titik di permukaan Bumi pada 0° hingga 180° arah timur atau barat dari meridian utama. Oleh karena itu, meridian digunakan untuk mengukur lokasi dalam arah Timur-Barat. **Paralel** adalah garis lintang yang sama. Dengan menggunakan Khatulistiwa sebagai lintang 0° , kita dapat mengukur nilai lintang suatu titik dari 0° hingga 90° utara atau selatan khatulistiwa. Oleh karena itu, garis paralel digunakan untuk mengukur lokasi dalam arah Utara-Selatan. Lokasi titik yang dilambangkan dengan (120° BB, 60° LU) berarti berada 120° di sebelah barat meridian utama dan 60° di sebelah utara khatulistiwa.

Meridian utama dan ekuator berfungsi sebagai garis dasar sistem koordinat geografis.

Notasi koordinat geografis sama seperti koordinat bidang: nilai bujur setara dengan nilai x dan nilai lintang setara dengan nilai y. Dan, seperti halnya koordinat x dan y, dalam SIG, nilai bujur dan lintang biasanya dimasukkan dengan tanda positif atau negatif. Nilai bujur bernilai positif di belahan bumi timur dan negatif di belahan bumi barat. Nilai lintang bernilai positif jika berada di utara khatulistiwa, dan negatif jika berada di selatan khatulistiwa.

Ukuran sudut bujur dan lintang dapat dinyatakan dalam **derajat-menit-detik (DMS)**, **derajat desimal (DD)**, atau radian (rad).

Mengingat 1 derajat sama dengan 60 menit dan 1 menit sama dengan 60 detik, kita dapat mengonversi antara DMS dan DD.

Misalnya, nilai lintang $45^\circ 52' 30''$

akan sama dengan $45,875^\circ$ ($45 + 52/60 + 30/3600$).

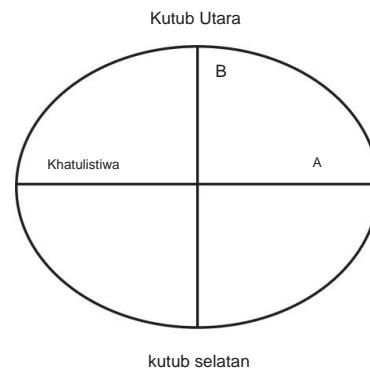
Radian biasanya digunakan dalam program komputer.

Satu radian sama dengan $57,2958^\circ$, dan satu derajat sama dengan $0,01745$ rad.

2.1.1 Perkiraan Bumi

Dilihat dari luar angkasa, Bumi tampak seperti bola sempurna. Namun, bukan karena Bumi lebih lebar di sepanjang khatulistiwa daripada di antara kedua kutubnya. Perkiraan bentuk dan ukuran Bumi adalah sferoid oblat, juga disebut **ellipsoid**, yaitu elips yang diputar pada sumbu minornya (Kjenstad 2011).

Sebuah ellipsoid yang mendekati Bumi memiliki sumbu utamanya (a) di sepanjang ekuator dan sumbu minornya (b) di sepanjang ekuator. menghubungkan kutub-kutub (Gambar 2.4). Parameter yang disebut perataan (f), didefinisikan oleh $(a - b)/a$, mengukur perbedaan antara dua sumbu ellipsoid. Koordinat geografis berdasarkan ellipsoid dikenal sebagai koordinat geodetik, yang merupakan dasar untuk semua

**Gambar 2.4**

Perataan didasarkan pada perbedaan antara sumbu semimayor a dan sumbu semiminor b.

sistem pemetaan (Iliffe 2000). Dalam buku ini, kami akan menggunakan istilah umum koordinat geografis.

2.1.2 Data

Datum adalah model matematika Bumi, yang berfungsi sebagai referensi atau dasar untuk menghitung koordinat geografis dalam kasus datum horizontal dan untuk menghitung elevasi dalam kasus datum vertikal (Burkard 1984; Moffitt dan Bossler 1998). Datum horizontal **dibahas** dalam bab ini dan datum vertikal dalam Bab 5. Definisi datum horizontal terdiri dari bujur dan lintang suatu titik awal (origin), sebuah elipsoid, dan jarak antara elipsoid dan Bumi di titik asal. Oleh karena itu, datum dan elipsoid berkaitan erat.

Untuk mendapatkan kesesuaian Bumi yang lebih baik secara lokal, banyak negara telah mengembangkan datum mereka sendiri di masa lalu. Di antara datum lokal ini terdapat Datum Eropa, Datum Geodetik Australia, Datum Tokyo, dan Datum India (untuk India dan beberapa negara tetangga). Di Amerika Serikat, pengguna SIG telah menggunakan **NAD27** (Datum Amerika Utara tahun 1927) dan **NAD83** (Datum Amerika Utara tahun 1983).

2.1.3 NAD27 dan NAD83

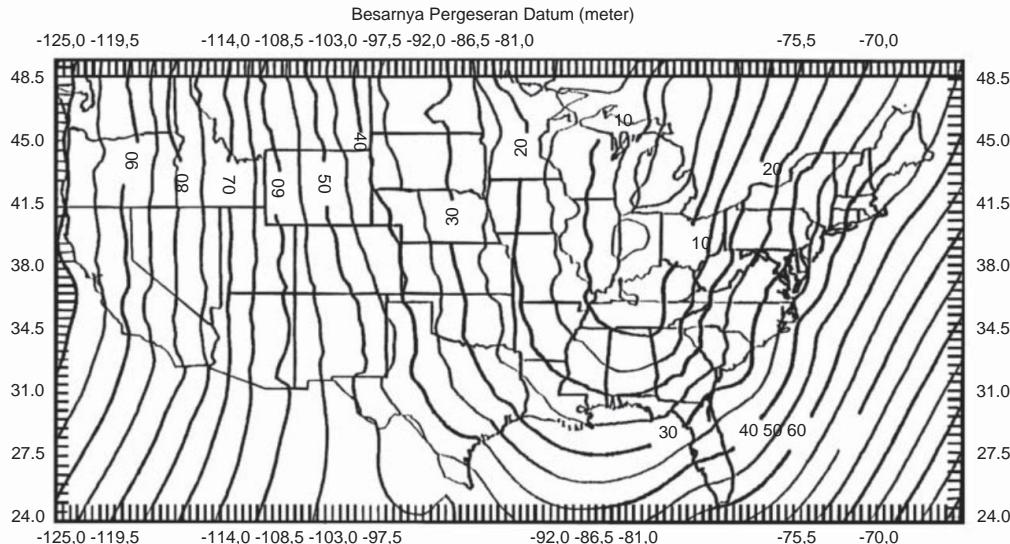
NAD27 adalah datum lokal berdasarkan **Clarke 1866**

elipsoid, sebuah elipsoid yang diukur di darat dengan titik asal di Meades Ranch, Kansas. Hawaii adalah satu-satunya negara bagian yang tidak mengadopsi NAD27; Hawaii menggunakan Datum Hawaii Kuno, sebuah datum independen yang didasarkan pada titik asal yang berbeda dari NAD27. Sumbu semimayor (jari-jari ekuator) dan sumbu semiminor (jari-jari kutub) Clarke 1866 masing-masing berukuran 6.378.206 meter (3.963 mil) dan 6.356.584 meter (3.949 mil), dengan perataan 1/294,98 (Burkard 1984).

Pada tahun 1986, Survei Geodetik Nasional (NGS) memperkenalkan NAD83 berdasarkan elipsoid **GRS80**. Sumbu semimayor dan semiminor GRS80 masing-masing berukuran 6.378.137 meter (3.963 mil) dan 6.356.752 meter (3.950 mil), dengan perataan 1/298,26 (Burkard 1984). Bentuk dan ukuran Bumi untuk GRS80 ditentukan melalui pengukuran yang dilakukan melalui observasi satelit Doppler.

Tidak seperti NAD27, NAD83 adalah datum geosentrisk yang direferensikan ke pusat massa Bumi.

Pergeseran datum dari NAD27 ke NAD83 dapat mengakibatkan pergeseran posisi titik yang signifikan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5, pergeseran horizontal terjadi antara



Gambar 2.5

Garis isoline menunjukkan besarnya pergeseran horizontal dari NAD27 ke NAD83 dalam meter. Lihat Bagian 2.1.2 untuk definisi pergeseran horizontal. (Dengan izin dari Survei Geodesi Nasional.)

10 dan 100 meter di Amerika Serikat bagian daratan. (Pergeseran ini lebih dari 200 meter di Alaska dan lebih dari 400 meter di Hawaii.)

Misalnya, untuk peta segi empat Ozette dari Semenanjung Olympic di Washington, pergeserannya adalah 98 meter ke timur dan 26 meter ke utara.

Oleh karena itu, pergeseran horizontalnya adalah 101,4 meter ($\sqrt{98^2 + 26^2}$). Dengan pergeseran datum seperti ini, jelas bahwa lapisan digital berdasarkan datum yang berbeda tidak akan terekam dengan benar. Untuk mentransformasi dari satu datum ke datum lainnya, yang biasa disebut transformasi datum atau transformasi geografis, diperlukan penghitungan ulang nilai bujur dan lintang menggunakan paket perangkat lunak. Misalnya, NADCON adalah paket perangkat lunak yang dapat diunduh di situs web NGS untuk konversi antara NAD27 dan NAD83.

NAD83 asli menggunakan observasi satelit Doppler untuk memperkirakan bentuk dan ukuran Bumi. Sejak itu, beberapa realisasi (pembaruan) NAD83 telah dilakukan dengan akurasi yang lebih baik.

Pada akhir 1980-an, NGS memulai program penggunaan teknologi GPS untuk membangun Jaringan Referensi Akurasi Tinggi (HARN) di setiap negara bagian. Pada tahun 1994, NGS memulai jaringan Stasiun Referensi Operasi Berkelanjutan (CORS),

jaringan lebih dari 200 stasiun yang menyediakan pengukuran untuk pasca-pemrosesan data GPS.

Perbedaan posisi titik kontrol dapat mencapai satu meter antara NAD83 asli dan HARN, tetapi kurang dari 10 sentimeter antara HARN dan CORS (Snay dan Soler 2000). Pada tahun 2007, Sistem Referensi Spasial Nasional (NSRS) diselesaikan oleh NGS untuk menyelesaikan inkonsistensi antara HARN dan CORS, serta antar negara bagian. Realisasi NAD83 saat ini dan yang keempat adalah proyek Penyesuaian Nasional 2011 yang diselesaikan pada tahun 2012. Proses pemutakhiran dan penyempurnaan datum horizontal resmi di Amerika Serikat akan terus berlanjut di masa mendatang (Kotak 2.1). Menurut rencana sepuluh tahun NGS (2013-2023), NAD83 akan digantikan pada tahun 2022 (http://www.ngs.noaa.gov/web/news/Ten_Year)

Rencana_2013-2023.pdf).

Untuk membedakan NAD83 asli dan empat realisasinya selanjutnya, sebuah paket SIG menggunakan notasi NAD83, NAD83(HARN), NAD83(CORS96), NAD83(NSRS2007), dan NAD83(2011). Selain itu, NAD83(CSRS) merupakan realisasi NAD83 yang digunakan di Kanada, dengan CSRS yang merupakan singkatan dari Canadian Spatial Reference System.



Kotak 2.1 Akurasi Datum

A sistem referensi spasial memerlukan datum. Oleh karena itu, akurasi datum merupakan topik penting dalam pemetaan. NAD27 didasarkan pada survei sekitar 26.000 stasiun, dengan koordinat lintang dan bujur dikumpulkan di setiap stasiun. Untuk meningkatkan akurasi NAD27, NAD83 menggunakan total 250.000 stasiun dengan menggabungkan stasiun-stasiun dari NAD27 dan posisi tambahan yang diukur dari data satelit Doppler. Pembaruan NAD83 selanjutnya mengandalkan teknologi GPS untuk mengidentifikasi lokasi di permukaan Bumi dan menggabungkannya ke dalam NAD83.

Setiap datum baru menunjukkan peningkatan akurasi dalam menentukan lokasi titik pada sistem koordinat geografis. Peningkatan akurasi ini penting dalam menandai batas bidang tanah, membangun jalan dan jaringan pipa, serta berbagai tugas lainnya. Namun, bagi banyak pengguna SIG, pergeseran datum mungkin lebih penting daripada akurasi datum. Hal ini karena proyek SIG cenderung melibatkan lapisan-lapisan dari berbagai sumber, yang mungkin didasarkan pada datum yang berbeda. Jika transformasi datum atau geografis tidak dilakukan, lapisan-lapisan ini tidak akan terekam dengan benar.

2.1.4 WGS84

WGS84 (World Geodetic System 1984) digunakan oleh Departemen Pertahanan AS sebagai sistem referensi global untuk mendukung penentuan posisi dan navigasi (True 2004). Sistem ini merupakan datum untuk pembacaan GPS. Satelit yang digunakan oleh GPS mengirimkan posisinya dalam koordinat WGS84, dan semua perhitungan internal pada penerima GPS juga didasarkan pada WGS84.

WGS84 asli ditetapkan pada tahun 1987 menggunakan observasi satelit Doppler; oleh karena itu, WGS84 asli identik dengan NAD83 asli di Amerika Utara. Sejak tahun 1987, WGS84 telah disesuaikan ulang menggunakan data GPS. Sebanyak lima realisasi telah dilakukan antara tahun 1994 dan 2013 dengan memanfaatkan data dan metode baru untuk meningkatkan akurasinya. Melalui realisasi ini, WGS84 juga telah selaras dengan Kerangka Acuan Terrestrial Internasional (ITRF), sebuah sistem referensi spasial dunia: WGS84(G730) dengan ITRF91, WGS84(G873) dengan ITRF94, WGS84(G1150) dengan ITRF2000, WGS84(G1674) dengan ITRF2008, dan WGS84(G1762) dengan ITRF2008.

2.2 PROYEKSI PETA

Proyeksi peta mengubah koordinat geografis pada elipsoid menjadi lokasi pada bidang.

Hasil dari proses transformasi ini adalah pengaturan sistematis garis paralel dan meridian pada permukaan datar yang mewakili sistem koordinat geografis.

Proyeksi peta menawarkan beberapa keuntungan tersendiri. Pertama, proyeksi peta memungkinkan kita menggunakan peta dua dimensi, baik kertas maupun digital. Kedua, proyeksi peta memungkinkan kita bekerja dengan koordinat bidang, alih-alih nilai lintang dan bujur. Perhitungan dengan koordinat geografis lebih kompleks (Kotak 2.2).

Namun, transformasi dari permukaan elipsoid menjadi permukaan datar selalu melibatkan distorsi, dan tidak ada proyeksi peta yang sempurna. Inilah sebabnya ratusan proyeksi peta telah dikembangkan untuk pembuatan peta (Maling 1992; Snyder 1993). Setiap proyeksi peta mempertahankan sifat spasial tertentu sambil mengorbankan sifat-sifat lainnya.



Kotak 2.2
Cara Mengukur Jarak di Permukaan Bumi

Itu persamaan untuk mengukur jarak pada bidang datar sistem koordinat adalah:

$$D = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

di mana x_1 dan y_1 adalah koordinat titik i.

Namun, persamaan ini tidak dapat digunakan untuk mengukur jarak di permukaan Bumi. Karena meridian bertemu di kutub, panjang lintang 1 derajat tidak tetap konstan, melainkan secara bertahap berkurang dari khatulistiwa ke 0 di kutub. Metode standar dan paling sederhana untuk menghitung jarak terpendek antara dua titik di permukaan Bumi, juga disebut jarak geodesik, menggunakan persamaan:

$$d = \sqrt{c^2 + b^2 \sin^2(\lambda)} + b \sin(\lambda) \cos(\phi) \cos(\phi')$$

di mana d adalah jarak sudut antara titik A dan B dalam derajat, λ adalah lintang A, b adalah lintang B, dan c adalah perbedaan bujur antara A dan B. Untuk mengubah d menjadi ukuran jarak linear, seseorang dapat mengalikan d dengan panjang 1 derajat di ekuator, yaitu 111,32 kilometer atau 69,17 mil.

Metode ini akurat kecuali d sangat mendekati nol (Snyder 1987).

Sebagian besar produsen data menyediakan data spasial dalam koordinat geografis untuk digunakan dengan sistem koordinat proyeksi apa pun yang dibutuhkan pengguna akhir. Namun, semakin banyak pengguna SIG yang menggunakan data spasial dalam koordinat geografis secara langsung untuk tampilan data dan bahkan analisis sederhana. Pengukuran jarak dari data spasial tersebut biasanya berasal dari jarak bola terpendek antar titik.

2.2.1 Jenis-jenis Proyeksi Peta

Proyeksi peta dapat dikelompokkan berdasarkan properti yang dipertahankan atau permukaan proyeksi. Kartografer mengelompokkan proyeksi peta berdasarkan properti yang dipertahankan ke dalam empat kelas berikut: konformal, luas yang sama atau ekuivalen, berjarak sama, dan azimut atau arah yang benar. Proyeksi **konformal**

mempertahankan sudut dan bentuk lokal. **Proyeksi ekuivalen** merepresentasikan area dengan ukuran relatif yang tepat.

Proyeksi **ekuidistan** mempertahankan konsistensi skala di sepanjang garis tertentu. **Proyeksi azimuthal** mempertahankan arah tertentu yang akurat. Sifat proyeksi peta yang dipertahankan sering kali dicantumkan dalam namanya, seperti proyeksi kerucut konformal Lambert atau proyeksi kerucut luas sama Albers.

Sifat konformal dan ekuivalen bersifat saling eksklusif.

Sebaliknya, proyeksi peta dapat memiliki lebih dari satu sifat yang dipertahankan, seperti konformal dan azimut. Sifat konformal dan ekuivalen bersifat global, artinya sifat-sifat tersebut berlaku untuk keseluruhan proyeksi peta.

Sifat-sifat ekuidistan dan azimuthal merupakan sifat-sifat lokal dan mungkin hanya berlaku dari atau hingga pusat proyeksi peta.

Properti yang dipertahankan penting untuk memilih proyeksi peta yang tepat untuk pemetaan tematik (Battersby 2009). Misalnya, peta populasi dunia harus didasarkan pada proyeksi yang setara. Dengan merepresentasikan area dalam ukuran yang tepat, peta populasi dapat menciptakan gambaran kepadatan populasi yang akurat. Sebaliknya, proyeksi yang sama jarangnya akan lebih baik untuk memetakan rentang jarak dari pusat telekomunikasi.

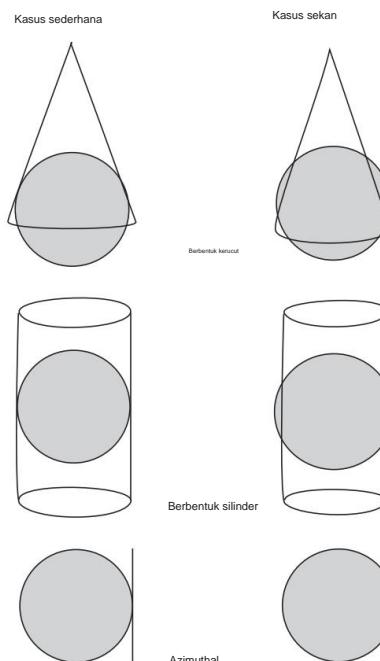
menara.

Kartografer sering menggunakan objek geometris dan bola dunia untuk mengilustrasikan cara membuat proyeksi peta. Misalnya, dengan menempatkan silinder bersinggungan dengan bola dunia yang diterangi, seseorang dapat menggambar proyeksi dengan menelusuri garis bujur dan lintang pada silinder tersebut. Silinder adalah permukaan proyeksi atau permukaan yang dapat dikembangkan, dan bola dunia adalah **bola dunia referensi**. Permukaan proyeksi umum lainnya termasuk kerucut dan bidang datar. Oleh karena itu, proyeksi peta dapat dikelompokkan berdasarkan permukaan proyeksinya menjadi silinder, kerucut, dan azimut.

Proyeksi peta disebut **proyeksi silinder** jika dapat dibuat dengan menggunakan silinder, **proyeksi kerucut** jika menggunakan kerucut, dan **proyeksi azimut** jika menggunakan bidang datar.

Penggunaan objek geometris membantu menjelaskan dua konsep proyeksi lainnya: kasus dan aspek. Untuk proyeksi kerucut, kerucut dapat ditempatkan sedemikian rupa sehingga bersinggungan dengan bola dunia atau berpotongan dengan bola dunia (Gambar 2.6). Yang pertama adalah kasus sederhana, yang menghasilkan satu garis singgung, dan yang kedua adalah kasus sekan, yang menghasilkan dua garis singgung. Proyeksi silinder berperilaku sama seperti proyeksi kerucut dalam hal kasus. Proyeksi azimuthal, di sisi lain, memiliki titik singgung dalam kasus sederhana dan garis singgung dalam kasus sekan. Aspek menggambarkan penempatan objek geometris relatif terhadap bola dunia. Sebuah bidang, misalnya, dapat bersinggungan di titik mana pun pada bola dunia.

Aspek kutub mengacu pada garis singgung di kutub, aspek ekuator di ekuator, dan garis miring di ekuator.



Gambar 2.6
Kasus dan proyeksi.

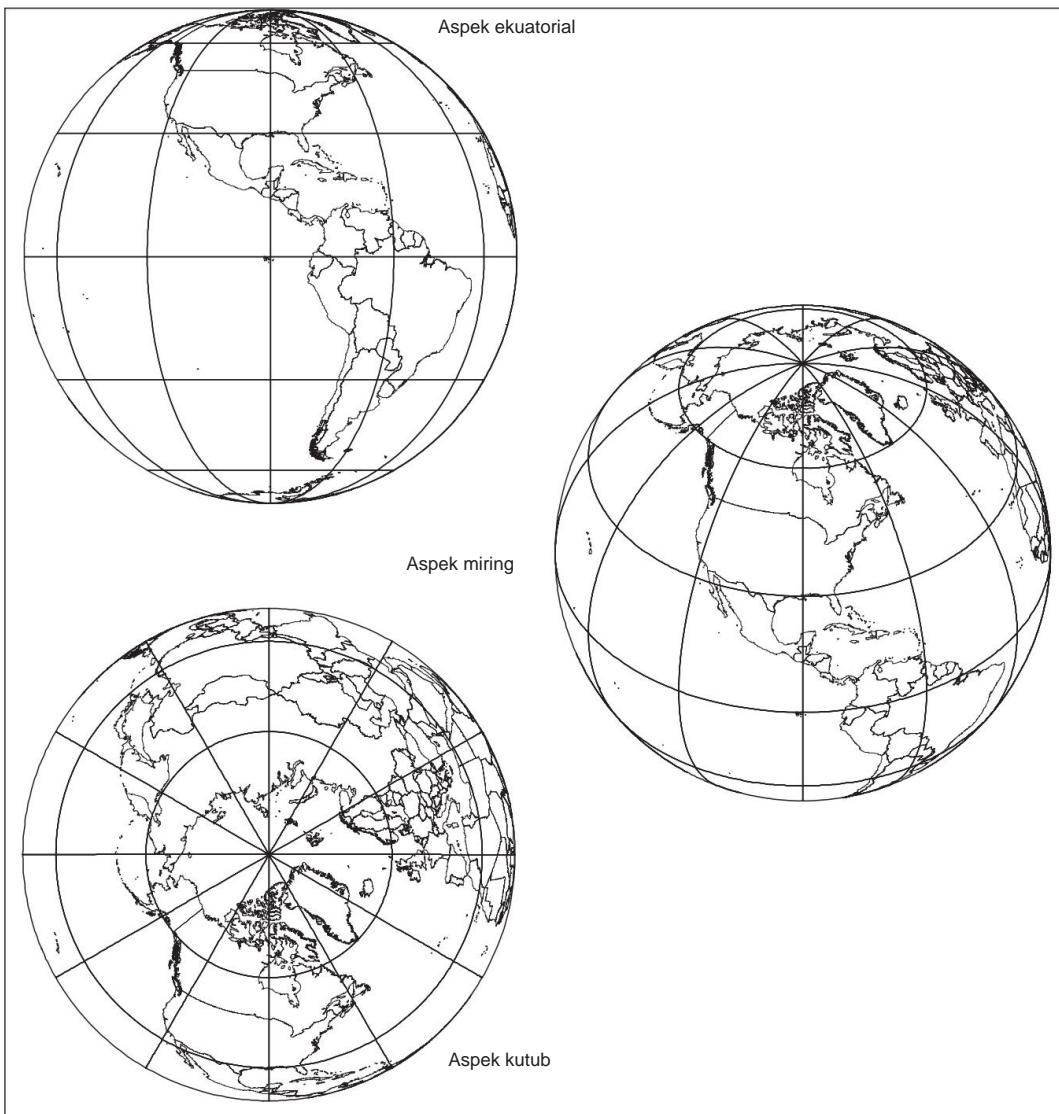
aspek mana saja antara khatulistiwa dan kutub (Gambar 2.7).

2.2.2 Parameter Proyeksi Peta

Proyeksi peta ditentukan oleh parameternya.

Biasanya, proyeksi peta memiliki lima atau lebih

Parameter. **Garis standar** mengacu pada garis singgung antara permukaan proyeksi dan bola referensi. Untuk proyeksi silinder dan kerucut, kasus sederhana memiliki satu garis standar, sedangkan kasus sekian memiliki dua garis standar. Garis standar disebut **paralel standar** jika mengikuti paralel, dan **meridian standar** jika mengikuti meridian.



Gambar 2.7

Aspek dan proyeksi.

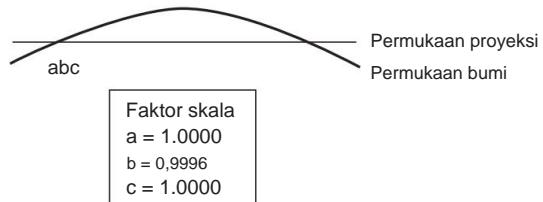
Karena garis standar sama dengan garis pada globe referensi, tidak ada distorsi akibat proses proyeksi. Di luar garis standar, distorsi proyeksi dapat terjadi akibat robekan, geseran, atau kompresi permukaan bola agar bertemu dengan permukaan proyeksi. Ukuran umum distorsi proyeksi adalah skala, yang didefinisikan sebagai rasio jarak pada peta (atau globe) dengan jarak di permukaan tanah. **Skala utama**, atau skala globe referensi, dapat diturunkan dari rasio jari-jari globe terhadap jari-jari Bumi (3963 mil atau 6378 kilometer). Misalnya, jika jari-jari globe adalah 12 inci, maka skala utamanya adalah 1:20.924.640 (1:3963 × 5280).

Skala utama hanya berlaku untuk garis standar dalam proyeksi peta. Inilah sebabnya mengapa garis paralel standar terkadang disebut garis lintang skala sebenarnya. Skala lokal berlaku untuk bagian lain dari proyeksi peta. Tergantung pada tingkat distorsi, skala lokal dapat bervariasi di seluruh proyeksi peta (Bosowski dan Feeman 1997). **Faktor skala** adalah skala lokal yang dinormalisasi, yang didefinisikan sebagai rasio skala lokal terhadap skala utama. Faktor skala adalah 1 di sepanjang garis standar dan menjadi kurang dari 1 atau lebih besar dari 1 di luar garis standar.

Garis standar tidak boleh disamakan dengan garis tengah: garis standar menentukan pola distribusi distorsi proyeksi, sedangkan **garis tengah** (paralel dan meridian tengah) menentukan pusat proyeksi peta. Paralel tengah, terkadang disebut lintang asal, seringkali berbeda dari paralel standar. Demikian pula, meridian tengah seringkali berbeda dari meridian standar. Contoh yang baik untuk menunjukkan perbedaan antara meridian tengah dan garis standar adalah proyeksi Mercator transversal.

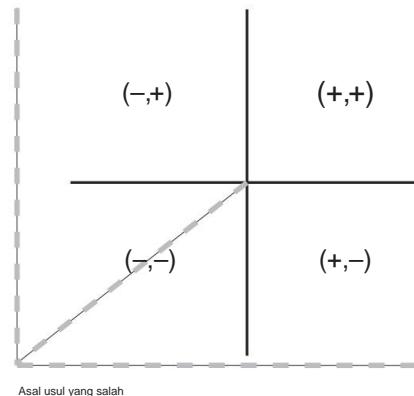
Biasanya berupa proyeksi sekan, proyeksi Mercator transversal didefinisikan oleh meridian sentralnya dan dua garis standar di kedua sisinya. Garis standar memiliki faktor skala 1, dan meridian sentral memiliki faktor skala kurang dari 1 (Gambar 2.8).

Ketika proyeksi peta digunakan sebagai dasar sistem koordinat, maka pusat proyeksi peta, yang didefinisikan oleh garis paralel pusat dan garis meridian pusat, menjadi titik asal sistem koordinat dan membagi sistem koordinat menjadi empat bagian.



Gambar 2.8

Dalam proyeksi Mercator transversal kasus sekan ini, meridian sentral di b memiliki faktor skala 0,9996, karena menyimpang dari permukaan proyeksi, yang berarti terdapat distorsi proyeksi. Dua garis standar di a dan c, di kedua sisi meridian sentral, memiliki faktor skala 1,0. Bagian 2.4.1 membahas penggunaan proyeksi Mercator transversal kasus sekan.



Gambar 2.9

Garis paralel pusat dan meridian pusat membagi proyeksi peta menjadi empat kuadran. Titik-titik di kuadran Timur Laut memiliki koordinat x dan y positif, titik-titik di kuadran Barat Laut memiliki koordinat x negatif dan koordinat y positif, titik-titik di kuadran Tenggara memiliki koordinat x positif dan koordinat y negatif, dan titik-titik di kuadran Barat Daya memiliki koordinat x dan y negatif. Tujuan dari titik asal palsu adalah untuk menempatkan semua titik di kuadran Timur Laut dari titik asal palsu sehingga semua titik memiliki koordinat x dan y positif.

kuadran. Koordinat x dan y suatu titik bisa positif atau negatif, tergantung letak titik tersebut (Gambar 2.9). Untuk menghindari koordinat negatif, kita dapat menetapkan nilai koordinat x dan y ke titik asal sistem koordinat. **Arah timur palsu** adalah

Nilai koordinat x yang ditetapkan dan **arah utara palsu** adalah nilai koordinat y yang ditetapkan. Pada dasarnya, arah timur palsu dan arah utara palsu menciptakan titik asal palsu sehingga semua titik berada dalam kuadran timur laut dan memiliki koordinat positif (Gambar 2.9).

2.3 PETA YANG UMUM DIGUNAKAN PROYEKSI

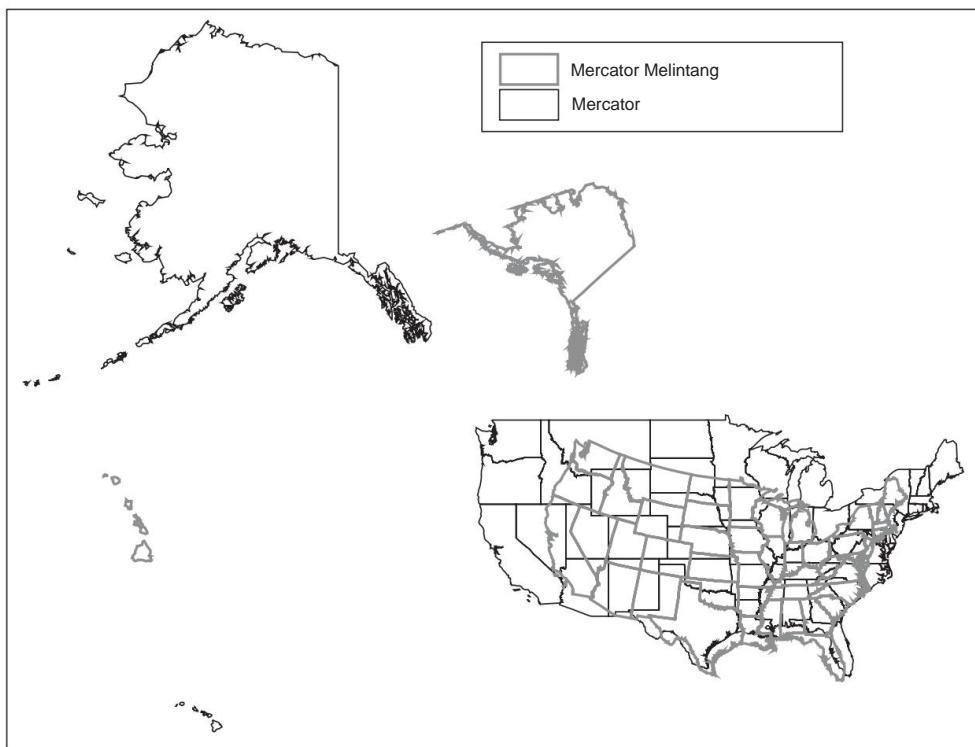
Ratusan proyeksi peta sedang digunakan. Proyeksi peta yang umum digunakan dalam SIG belum tentu sama dengan yang kita lihat di ruang kelas atau di majalah. Misalnya, proyeksi Robinson merupakan proyeksi yang populer untuk pemetaan umum pada skala global karena tampilannya yang menarik (Jenny, Patterson, dan Hurni 2010). Namun, proyeksi Robinson mungkin

Tidak cocok untuk aplikasi SIG. Proyeksi peta untuk aplikasi SIG biasanya memiliki salah satu properti yang dipertahankan yang telah disebutkan sebelumnya, terutama properti konformal. Karena mempertahankan bentuk dan sudut lokal, proyeksi konformal memungkinkan peta-peta yang berdekatan untuk bergabung dengan benar di sudut-sudutnya. Hal ini penting dalam mengembangkan seri peta seperti peta segi empat Survei Geologi Amerika Serikat (USGS).

2.3.1 Mercator Transversal

Proyeksi **Mercator transversal**, proyeksi silinder sekan yang juga dikenal sebagai Gauss-Kruger, adalah proyeksi terkenal untuk memetakan dunia.

Ini adalah variasi dari proyeksi Mercator, tetapi keduanya terlihat berbeda (Gambar 2.10). Proyeksi Mercator menggunakan paralel standar, sedangkan



Gambar 2.10

Mercator dan proyeksi Mercator melintang Amerika Serikat. Untuk kedua proyeksi tersebut, meridian tengah adalah 90° BB dan garis lintang skala sebenarnya adalah khatulistiwa.

Proyeksi Mercator transversal menggunakan meridian standar. Kedua proyeksi tersebut bersifat konformal.

Mercator transversal merupakan dasar untuk dua sistem koordinat umum yang akan dibahas di Bagian 2.4. Definisi proyeksi memerlukan parameter berikut: faktor skala di meridian tengah, bujur meridian tengah, lintang asal (atau paralel tengah), arah timur palsu, dan arah utara palsu.

2.3.2 Lambert Konformal Kerucut

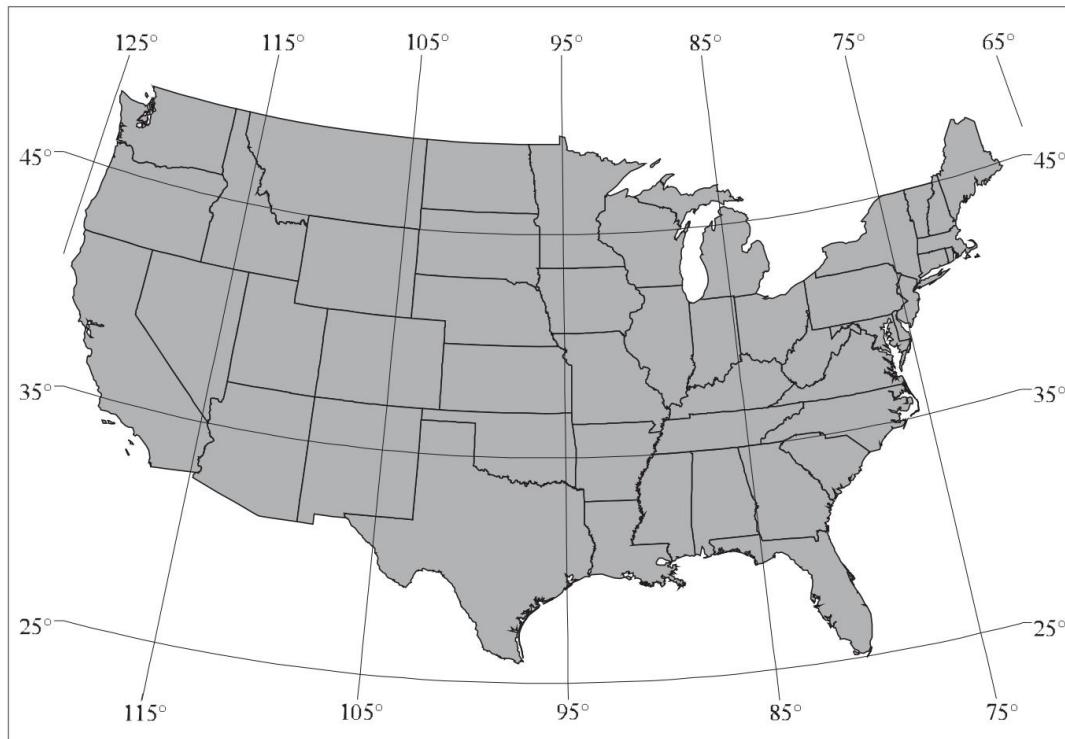
Proyeksi **kerucut konformal Lambert** merupakan pilihan standar untuk memetakan wilayah lintang tengah yang lebih luas ke arah timur-barat daripada utara-selatan, seperti negara bagian Montana atau Amerika Serikat yang berbatasan dengannya (Gambar 2.11). USGS telah menggunakan

Kerucut konformal Lambert untuk banyak peta topografi sejak 1957.

Umumnya berupa proyeksi kerucut sekan, kerucut konformal Lambert ditentukan oleh parameter berikut: paralel standar pertama dan kedua, meridian pusat, lintang asal proyeksi, timur palsu, dan utara palsu.

2.3.3 Kerucut Albers dengan Luas yang Sama

Proyeksi kerucut Albers dengan luas yang sama memiliki parameter yang sama dengan proyeksi kerucut konformal Lambert. Faktanya, kedua proyeksi ini cukup mirip, kecuali yang satu memiliki luas yang sama dan yang lainnya konformal. Proyeksi kerucut Albers dengan luas yang sama merupakan proyeksi untuk data tutupan lahan nasional di Amerika Serikat yang berbatasan (Bab 4).



Gambar 2.11

Proyeksi kerucut konformal Lambert dari Amerika Serikat yang berbatasan. Meridian tengahnya adalah 96° BB, dua paralel standarnya adalah 33° LU dan 45° LU, dan lintang asal proyeksinya adalah 39° LU.

2.3.4 Kerucut Ekuidistan

Proyeksi kerucut ekuidistan juga disebut proyeksi kerucut sederhana. Proyeksi ini mempertahankan sifat jarak di sepanjang semua meridian dan satu atau dua paralel standar. Parameter yang digunakan sama dengan proyeksi kerucut konformal Lambert.

2.3.5 Web Mercator

Bahasa Indonesia: Tidak seperti Mercator melintang, serta proyeksi lain yang dibahas di bagian sebelumnya, yang semuanya diciptakan sebelum akhir abad kedelapan belas (Snyder 1993), proyeksi Web Mercator adalah penemuan baru, mungkin dipopulerkan oleh Google Maps pada tahun 2005 (Battersby et al. 2014). Sejak itu menjadi proyeksi standar untuk pemetaan daring, karena Google Maps, Bing Maps, MapQuest, dan ArcGIS Online semuanya menggunakan dalam sistem pemetaan mereka. Apa itu Web Mercator? Ini adalah kasus khusus Mercator pada bola dan diproyeksikan dari koordinat lintang dan bujur dari elipsoid WGS84 (Battersby et al. 2014). Keuntungan utama menggunakan bola adalah menyederhanakan perhitungan. Selain itu, karena merupakan proyeksi konformal, proyeksi Web Mercator mempertahankan sudut dan bentuk lokal dan memiliki utara di bagian atas peta.

Namun, seperti Mercator, Web Mercator

Proyeksi memiliki distorsi luas dan jarak, terutama di wilayah lintang tinggi. Paket SIG memiliki alat untuk memproyeksikan ulang Web Mercator ke proyeksi lain dan sebaliknya.

2.4 KOORDINAT YANG DIPROYEKSIKAN SISTEM

Sistem **koordinat proyeksi** dibangun berdasarkan proyeksi peta. Sistem koordinat proyeksi dan proyeksi peta sering digunakan secara bergantian. Misalnya, kerucut konformal Lambert merupakan proyeksi peta, tetapi juga dapat merujuk pada sistem koordinat.

Namun dalam praktiknya, sistem koordinat yang diproyeksikan dirancang untuk perhitungan dan penentuan posisi terperinci, dan biasanya digunakan dalam pemetaan skala besar seperti pada skala 1:24.000 atau lebih besar (Kotak 2.3).

Oleh karena itu, keakuratan lokasi suatu fitur dan posisinya relatif terhadap fitur lain merupakan pertimbangan utama dalam desain sistem koordinat yang diproyeksikan.

Untuk mempertahankan tingkat akurasi yang diinginkan untuk pengukuran, sistem koordinat yang diproyeksikan sering dibagi menjadi beberapa zona, dengan setiap zona ditentukan oleh pusat proyeksi yang berbeda. Lebih lanjut, sistem koordinat yang diproyeksikan tidak hanya ditentukan oleh parameter proyeksi peta yang menjadi dasarnya.



Kotak 2.3 **Skala Peta**

Skala peta adalah perbandingan antara jarak peta dengan jarak sebenarnya. Jarak tanah yang sesuai. Definisi ini berlaku untuk berbagai satuan pengukuran. Peta skala 1:24.000 dapat berarti bahwa jarak peta 1 sentimeter mewakili 24.000 sentimeter (240 meter) di permukaan tanah. Peta skala 1:24.000 juga dapat berarti bahwa jarak peta 1 inci mewakili 24.000 inci (2000 kaki) di permukaan tanah. Terlepas dari satuan pengukurannya, skala peta 1:24.000 lebih besar daripada 1:100.000 dan fitur spasial yang sama (misalnya, kota) tampak lebih besar pada peta skala 1:24.000 daripada pada peta skala 1:100.000.

Peta skala 1:100.000. Beberapa kartografer menganggap peta dengan skala 1:24.000 atau lebih besar sebagai peta skala besar.

Skala peta jangan sampai tertukar dengan skala spasial, istilah yang umum digunakan dalam pengelolaan sumber daya alam. Skala spasial mengacu pada ukuran wilayah atau luasan. Tidak seperti skala peta, skala spasial tidak didefinisikan secara kaku. Skala spasial yang besar berarti mencakup wilayah yang lebih luas daripada skala spasial yang kecil. Oleh karena itu, skala spasial yang besar bagi seorang ahli ekologi adalah skala peta skala 1:100.000 yang kartografer.

tetapi juga parameter sistem koordinat geografis (misalnya, datum) yang menjadi dasar proyeksi peta.

Tiga sistem koordinat yang umum digunakan di Amerika Serikat: sistem grid Universal Transverse Mercator (UTM), sistem grid Universal Polar Stereographic (UPS), dan sistem State Plane Coordinate (SPC). Bagian ini juga mencakup Sistem Survei Lahan Publik (PLSS), sebuah sistem pembagian lahan yang digunakan di Amerika Serikat untuk pemetaan bidang tanah. Meskipun bukan sistem koordinat, PLSS dibahas di sini sebagai contoh sistem referensi lokasi yang dapat digunakan untuk tujuan yang sama dengan sistem koordinat. Bacaan tambahan tentang sistem ini dapat ditemukan di Robinson dkk. (1995) dan Kimerling dkk. (2011).

2.4.1 Sistem Grid Mercator Transversal Universal

Digunakan di seluruh dunia, **sistem grid UTM** membagi permukaan Bumi antara 84° LU dan 80° LS menjadi 60 zona. Setiap zona mencakup 6° bujur dan diberi nomor secara berurutan dengan zona 1 dimulai pada 180° BB. Setiap zona dibagi lagi menjadi zona utara

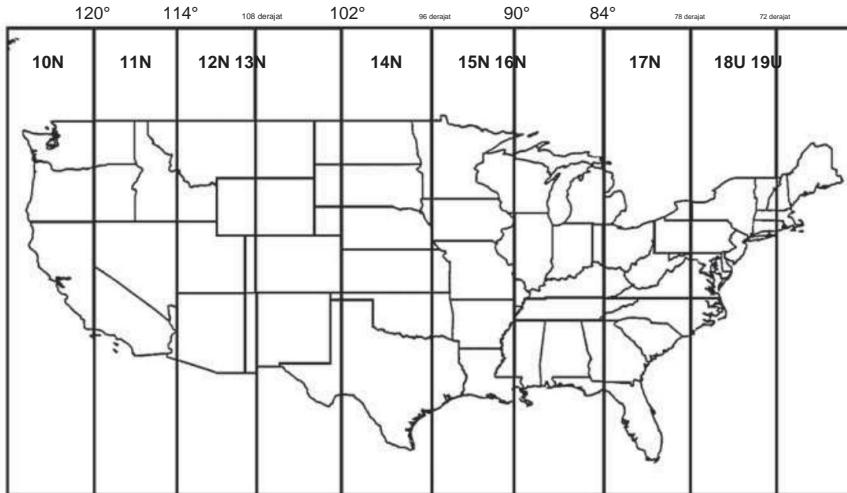
dan belahan bumi selatan. Oleh karena itu, penunjukan zona UTM memiliki angka dan huruf.

Misalnya, Zona UTM 10N mengacu pada zona antara 126° BB dan 120° BB di belahan bumi utara. Bagian dalam sampul belakang buku ini memuat daftar nomor zona UTM dan rentang bujurnya. Gambar 2.12 menunjukkan zona UTM di Amerika Serikat yang berbatasan langsung.

Karena datum merupakan bagian dari definisi sistem koordinat yang diproyeksikan, sistem grid UTM dapat didasarkan pada NAD27, NAD83, atau WGS84. Dengan demikian, jika Zona UTM 10N didasarkan pada NAD83, maka penunjukan lengkapnya adalah NAD 1983 Zona UTM 10N.

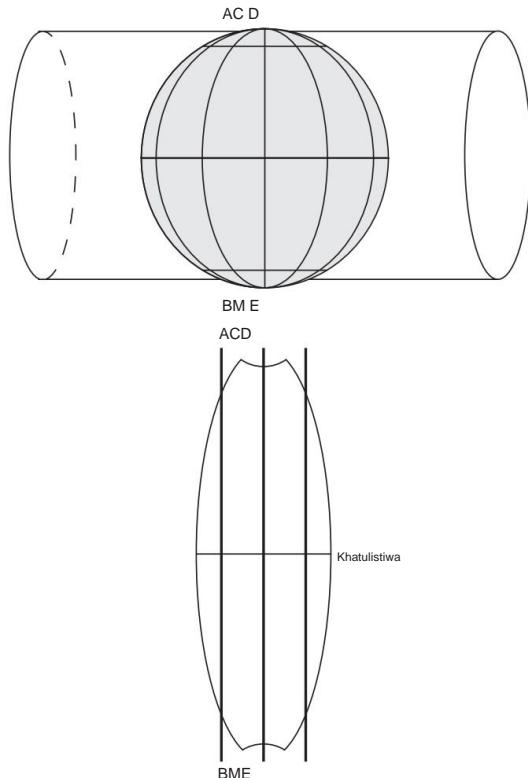
Setiap zona UTM dipetakan ke dalam proyeksi Mercator transversal sekan, dengan faktor skala 0,9996 pada meridian tengah dan ekuator sebagai lintang asal. Meridian standar berjarak 180 kilometer di sebelah timur dan barat meridian tengah (Gambar 2.13). Penggunaan proyeksi per zona UTM dirancang untuk mempertahankan akurasi setidaknya satu bagian dalam 2500 (yaitu, jarak yang diukur sepanjang lintasan 2500 meter pada sistem grid UTM akan akurat hingga satu meter dari ukuran sebenarnya) (Kimerling dkk. 2011).

Di belahan bumi utara, koordinat UTM diukur dari titik asal palsu yang terletak di



Gambar 2.12

Zona UTM berkisar dari zona 10N hingga 19N di Amerika Serikat bagian daratan.



Gambar 2.13

Zona UTM mewakili proyeksi Mercator transversal sekan. CM adalah meridian tengah, sedangkan AB dan DE adalah meridian standar. Meridian standar Terletak 180 kilometer di sebelah barat dan timur meridian tengah. Setiap zona UTM mencakup 6° bujur dan membentang dari 84° LU hingga 80° LS. Ukuran dan bentuk zona UTM dilebih-lebihkan untuk tujuan ilustrasi.

Khatulistiwa dan 500.000 meter di sebelah barat meridian tengah zona UTM. Di belahan bumi selatan, koordinat UTM diukur dari titik asal palsu yang terletak 10.000.000 meter di sebelah selatan khatulistiwa dan 500.000 meter di sebelah barat meridian tengah zona UTM.

Penggunaan titik asal palsu berarti semua koordinat UTM bernilai positif, tetapi bisa berupa angka yang sangat besar. Misalnya, sudut barat laut peta segi empat Moscow East, Idaho, memiliki koordinat UTM 500.000 dan 5.177.164 meter. Untuk menjaga presisi data untuk perhitungan dengan koordinat,

Kita dapat menerapkan nilai **x-shift** dan **y-shift** pada semua pembacaan koordinat untuk mengurangi jumlah digit. Misalnya, jika nilai x-shift ditetapkan sebesar -500.000 meter dan nilai y-shift sebesar -5.170.000 meter untuk peta segi empat sebelumnya, koordinat untuk sudut barat lautnya menjadi 0 dan 7.164 meter. Angka kecil seperti 0 dan 7.164 mengurangi kemungkinan hasil komputasi yang terpotong. Seperti false easting dan false northing, x-shift dan y-shift mengubah nilai koordinat x dan y dalam suatu set data. Nilai-nilai tersebut harus didokumentasikan bersama dengan parameter proyeksi dalam metadata (informasi tentang data, Bab 5).

2.4.2 Sistem Grid Stereografi Polar Universal

Sistem **grid UPS** mencakup wilayah kutub. Proyeksi stereografis berpusat pada kutub dan digunakan untuk membagi wilayah kutub menjadi serangkaian petak seluas 100.000 meter persegi, serupa dengan sistem grid UTM. Sistem grid UPS dapat digunakan bersama dengan sistem grid UTM untuk menentukan posisi di seluruh permukaan Bumi.

2.4.3 Sistem Koordinat Bidang Negara

Sistem **SPC** dikembangkan pada tahun 1930-an untuk merekam lokasi monumen survei tanah asli di Amerika Serikat secara permanen. Untuk mempertahankan akurasi yang diperlukan, yaitu satu bagian dalam 10.000 atau kurang, suatu negara bagian dapat memiliki dua atau lebih zona SPC. Sebagai contoh, Oregon memiliki zona SPC Utara dan Selatan, sementara Idaho memiliki zona SPC Barat, Tengah, dan Timur (Gambar 2.14). Setiap zona SPC dipetakan ke dalam proyeksi peta. Zona yang memanjang ke arah utara-selatan (misalnya, zona SPC Idaho) menggunakan Mercator transversal, dan zona yang memanjang ke arah timur-barat (misalnya, zona SPC Oregon) menggunakan konik konformal Lambert.

Beberapa negara bagian (misalnya, Florida dan New York) menggunakan Mercator transversal dan konformal Lambert, dan Alaska juga menggunakan Mercator oblik untuk mencakup satu zona panhandle-nya. Lokasi titik dalam setiap zona SPC diukur dari titik asal palsu yang terletak di barat daya zona tersebut.

**Gambar 2.14**

Zona SPC83 di wilayah Amerika Serikat yang berbatasan. Garis tipis menunjukkan batas wilayah, dan garis tebal menunjukkan batas zona SPC. Peta ini sesuai dengan tabel SPC83 di bagian dalam sampul depan buku ini.

Karena peralihan dari NAD27 ke NAD83, terdapat SPC27 dan SPC83. Selain perubahan datum, SPC83 juga mengalami beberapa perubahan lain. Koordinat SPC83 dipublikasikan dalam satuan meter, bukan kaki. Negara bagian Montana, Nebraska, dan Carolina Selatan masing-masing telah mengganti beberapa zona dengan satu zona SPC. California telah mengurangi zona SPC dari tujuh menjadi enam. Dan Michigan telah beralih dari proyeksi Mercator transversal ke proyeksi kerucut konformal Lambert. Daftar SPC83 tersedia di bagian dalam sampul depan buku ini.

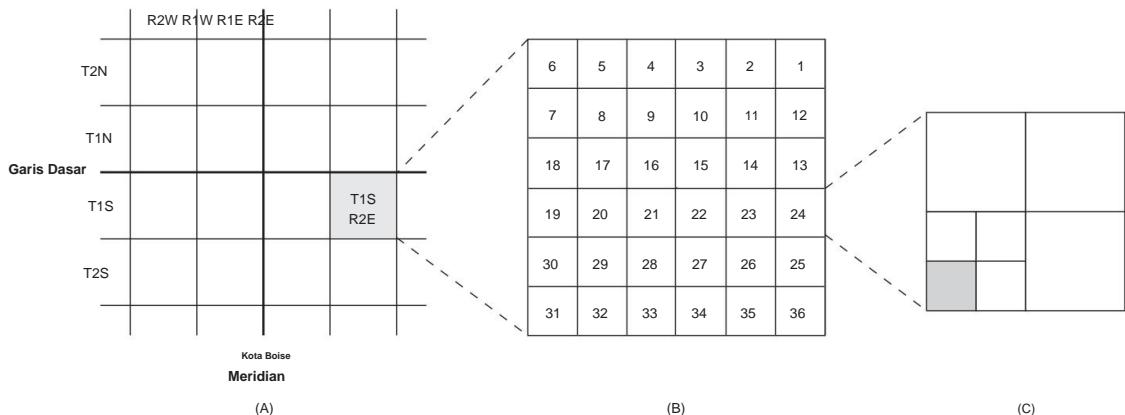
Beberapa negara bagian di Amerika Serikat telah mengembangkan sistem koordinat tingkat negara bagian mereka sendiri. Montana, Nebraska, dan Carolina Selatan semuanya memiliki satu zona SPC, yang dapat berfungsi sebagai sistem koordinat tingkat negara bagian. Idaho adalah contoh lainnya. Idaho dibagi menjadi dua zona UTM (11 dan 12) dan tiga zona SPC (Barat, Tengah, dan Timur). Zona-zona ini berfungsi dengan baik selama area studi berada dalam satu zona. Ketika area studi mencakup dua zona atau lebih, kumpulan data harus dikonversi ke satu zona untuk

Registrasi spasial. Namun, konversi ke satu zona juga berarti bahwa set data tidak lagi dapat mempertahankan tingkat akurasi yang dirancang untuk sistem koordinat UTM atau SPC. Sistem koordinat negara bagian Idaho, yang diadopsi pada tahun 1994 dan dimodifikasi pada tahun 2003, masih didasarkan pada proyeksi Mercator transversal tetapi meridian pusatnya melewati pusat negara bagian (114° BB). (Daftar lengkap parameter sistem koordinat negara bagian Idaho terdapat dalam Tugas 1 di bagian aplikasi.)

Mengubah lokasi meridian pusat menghasilkan satu zona untuk seluruh negara bagian.

2.4.4 Sistem Survei Tanah Publik

PLSS adalah sistem pembagian lahan (Gambar 2.15). Dengan menggunakan garis perpotongan antara kotapraja dan wilayah pegunungan, sistem ini membagi lahan, terutama di negara bagian tengah dan barat, menjadi petak-petak persegi atau township berukuran 6 x 6 mil. Setiap township kemudian dibagi lagi menjadi petak-petak seluas 640 hektar, masing-masing berukuran 36 mil persegi.

**Gambar 2.15**

Kota survei yang diarsir pada (a) memiliki sebutan T1S, R2E. T1S berarti kota survei berada di selatan garis dasar dengan selisih satu satuan. R2E berarti kota survei berada di timur meridian Boise (utama) dengan selisih dua satuan. Setiap kota survei dibagi menjadi 36 bagian pada (b). Setiap bagian berukuran 1 mil × 1 mil atau 640 hektar dan memiliki penandaan numerik. Kotak yang diarsir pada (c) berukuran 40 hektar dan memiliki deskripsi hukum SW 1/4 dari SW 1/4 Bagian 5, T1S, R2E.

(Pada kenyataannya, banyak bagian yang ukurannya tidak tepat 1 mil kali 1 mil.)

Lapisan bidang tanah biasanya didasarkan pada PLSS. Biro Pengelolaan Lahan AS (BLM) telah mengembangkan **Basis Data Koordinat Geografis (GCDB)** PLSS untuk Amerika Serikat bagian barat (<http://www.blm.gov/wo/st/en/prog/more/gcdb.html>). Dihasilkan dari catatan survei BLM, GCDB berisi koordinat dan informasi deskriptif lainnya untuk sudut penampang dan monumen yang tercatat dalam PLSS. Deskripsi hukum dari lapisan bidang tanah kemudian dapat dimasukkan menggunakan, misalnya, pembacaan arah dan jarak yang berasal dari sudut penampang.

Tantangan yang terus-menerus bagi pengguna GIS adalah bagaimana bekerja dengan sejumlah besar sistem koordinat. Paket GIS dapat menawarkan bantuan dalam tiga area berikut: berkas proyeksi, sistem koordinat yang telah ditetapkan sebelumnya, dan proyeksi on-the-fly.

2.5.1 File Proyeksi

Berkas proyeksi adalah berkas teks yang menyimpan informasi tentang sistem koordinat yang menjadi dasar suatu set data. Kotak 2.4, misalnya, menunjukkan berkas proyeksi untuk sistem koordinat UTM Zona 11N NAD 1983. Berkas proyeksi tersebut berisi informasi tentang sistem koordinat geografis, parameter proyeksi peta, dan satuan linear.

Selain mengidentifikasi sistem koordinat suatu set data, file proyeksi memiliki setidaknya dua tujuan lain: dapat digunakan sebagai input untuk memproyeksikan atau memproyeksikan ulang set data, dan dapat diekspor ke set data lain yang didasarkan pada koordinat yang sama. sistem nate.

2.5 PILIHAN UNTUK KOORDINAT SISTEM DALAM GIS

Tugas GIS dasar dengan sistem koordinat melibatkan pendefinisian sistem koordinat, memproyeksikan koordinat geografis ke koordinat yang diproyeksikan, dan memproyeksikan ulang koordinat yang diproyeksikan dari satu sistem ke sistem lainnya.

Paket SIG biasanya memiliki banyak pilihan datum, ellipsoid, dan sistem koordinat.

2.5.2 Sistem Koordinat yang Telah Ditentukan Sebelumnya

Paket GIS biasanya mengelompokkan sistem koordinat menjadi yang telah ditetapkan sebelumnya dan khusus (Tabel 2.1).

Kotak 2.4 Contoh File Proyeksi

Itu contoh file proyeksi berikut digunakan oleh ArcGIS untuk menyimpan informasi pada Zona UTM NAD 1983 Sistem koordinat 11N:

```
PROYEK ["NAD_1983_UTM_Zona_11N", GEOGCS["GCS_Amerika_Utara_1983",
DATUM["D_Amerika_Utara_1983", SPHEROID["GRS_1980", 6378137.0, 298.257222101]],
PRIMEM["Greenwich", 0.0], UNIT["Derajat", 0.0174532925199433]],
PROYEKSI ["Transverse_Mercator"], PARAMETER [{"False_Easting",500000.0},
PARAMETER["Utara_Salah",0.0], PARAMETER["Meridian_Pusat",-117.0],
PARAMETER["Faktor_Skala",0.9996], PARAMETER["Garis_Lintang_Asal",0.0],
UNIT["Meter",1.0]]]
```

Informasi ini terbagi dalam tiga bagian. Bagian pertama mendefinisikan sistem koordinat geografis: NAD83 untuk datum, GRS80 untuk sferoid, meridian utama 0° di Greenwich, dan satuan derajat. Berkas ini juga mencantumkan sumbu mayor (6378137,0) dan penyebut perataan (298,257222101) untuk sferoid. Angka 0,0174532925199433 adalah faktor konversi dari derajat ke radian (satuan sudut yang biasanya digunakan dalam pemrograman komputer). Bagian kedua mendefinisikan parameter proyeksi peta nama, arah timur palsu, arah utara palsu, meridian tengah, faktor skala, dan lintang asal. Dan bagian ketiga mendefinisikan satuan linear dalam meter.

TABEL 2.1 Klasifikasi Sistem Koordinat dalam Paket SIG

	Telah ditentukan sebelumnya	Kebiasaan
Geografis	NAD27, NAD83	Datum lokal tak terdefinisi
Diprojeksikan	UTM, Pesawat Negara	IDTM

Sistem koordinat yang telah ditetapkan sebelumnya, baik geografis atau yang diproyeksikan, berarti nilai parameternya diketahui dan sudah dikodekan dalam paket GIS. Oleh karena itu, pengguna dapat memilih sistem koordinat yang telah ditentukan sebelumnya tanpa menentukan parameternya. Contoh sistem koordinat yang telah ditentukan sebelumnya antara lain NAD27 (berdasarkan Clarke 1866) dan Minnesota SPC83, Utara (berdasarkan proyeksi kerucut konformal Lambert dan NAD83). Sebaliknya, sistem koordinat khusus memerlukan nilai parameternya.

ditetulkan oleh pengguna. Sistem koordinat negara bagian Idaho (IDTM) adalah contoh sistem koordinat khusus.

2.5.3 Proyeksi On-the-Fly

Proyeksi on-the-fly dirancang untuk menampilkan kumpulan data berdasarkan sistem koordinat yang berbeda. Paket perangkat lunak ini menggunakan berkas proyeksi yang tersedia dan secara otomatis mengonversi kumpulan data tersebut ke sistem koordinat umum untuk sementara waktu. Sistem koordinat umum ini secara default merupakan sistem koordinat lapisan pertama yang ditampilkan, atau dapat ditentukan oleh pengguna untuk sekelompok lapisan.

Proyeksi on-the-fly tidak benar-benar mengubah sistem koordinat suatu set data. Dengan demikian, proyeksi on-the-fly tidak dapat mengantikan tugas memproyeksikan dan memproyeksikan ulang set data dalam projek SIG. Jika suatu set data akan sering digunakan dalam sistem koordinat yang berbeda, kita harus memproyeksikan ulang set data tersebut. Dan jika data

himpunan yang akan digunakan dalam analisis spasial memiliki sistem koordinat yang berbeda, kita harus mengubahnya ke sistem koordinat yang sama untuk memperoleh hasil yang paling akurat.

Mungkin karena banyak pengguna GIS menganggap topik sistem koordinat sulit, paket GIS biasanya menawarkan serangkaian alat untuk bekerja dengan sistem koordinat (Kotak 2.5).



Di samping itu Proyeksi on-the-fly, dan alat-alat lain ditawarkan dalam paket SIG untuk bekerja dengan sistem koordinat. Di sini, ArcGIS digunakan sebagai contoh. Pengguna ArcGIS dapat menentukan sistem koordinat dengan memilih sistem koordinat yang telah ditentukan, mengimpor sistem koordinat dari kumpulan data yang ada, atau membuat sistem koordinat baru (khusus). Parameter yang digunakan untuk menentukan sistem koordinat disimpan dalam berkas proyeksi. Berkas proyeksi disediakan untuk sistem koordinat yang telah ditentukan. Untuk sistem koordinat baru, berkas proyeksi dapat diberi nama dan disimpan untuk penggunaan di masa mendatang atau untuk memproyeksikan kumpulan data lainnya.

Sistem koordinat geografis yang telah ditentukan sebelumnya di ArcGIS memiliki pilihan utama berbasis dunia, benua, dan elipsoid. WGS84 adalah salah satu berkas dunia. Data lokal digunakan untuk arsip kontinental. Untuk

Misalnya, Datum India dan Datum Tokyo tersedia untuk benua Asia.

Pilihannya meliputi Clarke 1866 dan GRS80. Sistem koordinat proyeksi yang telah ditentukan sebelumnya memiliki pilihan utama berupa grid dunia, benua, kutub, nasional, UTM, State Plane, dan Gauss Kruger (salah satu jenis proyeksi Mercator transversal yang terutama digunakan di Rusia dan Tiongkok). Misalnya, Mercator adalah salah satu proyeksi dunia; proyeksi kerucut konformal Lambert dan proyeksi luas-sama Albers termasuk dalam proyeksi benua; dan UPS adalah salah satu proyeksi kutub.

Sistem koordinat baru, baik geografis maupun proyeksi, ditentukan oleh pengguna. Definisi sistem koordinat geografis baru memerlukan datum yang mencakup elipsoid terpilih beserta sumbu mayor dan minornya. Definisi sistem koordinat proyeksi baru harus mencakup datum dan parameter proyeksi seperti paralel standar dan meridian pusat.

KONSEP DAN ISTILAH UTAMA

Proyeksi azimuthal: Salah satu jenis proyeksi peta yang mempertahankan arah akurat tertentu.

Azimuthal juga mengacu pada salah satu jenis proyeksi peta yang menggunakan bidang sebagai permukaan proyeksi.

Garis tengah: Garis paralel tengah dan garis meridian tengah. Bersama-sama, keduanya menentukan titik pusat atau asal proyeksi peta.

Clarke 1866: Elipsoid yang diukur di darat, yang menjadi dasar untuk Datum Amerika Utara tahun 1927 (NAD27).

Proyeksi konformal: Salah satu jenis proyeksi peta yang mempertahankan bentuk lokal.

Proyeksi kerucut: Salah satu jenis proyeksi peta yang menggunakan kerucut sebagai permukaan proyeksi.

Proyeksi silinder: Salah satu jenis proyeksi peta yang menggunakan silinder sebagai permukaan proyeksi.

Datum: Dasar untuk menghitung koordinat geografis suatu lokasi. Elipsoid merupakan input wajib untuk derivasi datum.

Pergeseran datum: Perubahan dari satu datum ke datum lainnya, seperti dari NAD27 ke NAD83, yang dapat mengakibatkan pergeseran horizontal posisi titik yang substansial.

Derajat desimal (DD): Sistem pengukuran untuk nilai bujur dan lintang seperti 42,5°.

40 BAB 2 Sistem Koordinat

Derajat-menit-detik (DMS): Sistem pengukuran untuk nilai bujur dan lintang seperti $42^{\circ}30'00''$, di mana 1 derajat sama dengan 60 menit dan 1 menit sama dengan 60 detik.

Elipsoid: Model yang mendekati Bumi. Disebut juga sferoid.

Proyeksi ekuidistan: Satu jenis proyeksi peta yang menjaga konsistensi skala untuk jarak tertentu.

Proyeksi ekuivalen: Satu jenis proyeksi peta yang menggambarkan area dalam ukuran relatif yang benar.

Timur palsu: Nilai yang diterapkan pada titik asal sistem koordinat untuk mengubah pembacaan koordinat x.

Arah utara palsu: Nilai yang diterapkan pada titik asal sistem koordinat untuk mengubah pembacaan koordinat y.

Pangkalan Data Koordinat Geografis (GCDB): Pangkalan data yang dikembangkan oleh Biro Pengelolaan Lahan AS (BLM) untuk menyertakan nilai bujur dan lintang serta informasi deskriptif lainnya untuk sudut bagian dan monumen yang tercatat dalam PLSS.

Sistem koordinat geografis: Sistem referensi lokasi untuk fitur spasial di permukaan Bumi.

GRS80: Elipsoid yang ditentukan satelit untuk Sistem Referensi Geodetik 1980.

Proyeksi kerucut konformal Lambert: Proyeksi peta umum, yang menjadi dasar sistem SPC untuk banyak negara bagian.

Lintang: Sudut utara atau selatan bidang ekuator.

Bujur: Sudut timur atau barat dari meridian utama.

Proyeksi peta: Susunan garis paralel dan meridian yang sistematis pada permukaan bidang.

Meridian: Garis bujur yang mengukur lokasi dalam arah Timur-Barat pada sistem koordinat geografis.

NAD27: Datum Amerika Utara tahun 1927, yang didasarkan pada elipsoid Clarke 1866 dan berpusat di Meades Ranch, Kansas.

NAD83: Datum Amerika Utara tahun 1983, yang didasarkan pada elipsoid GRS80 dan bermula di pusat elipsoid.

Paralel: Garis lintang yang mengukur lokasi dalam arah Utara–Selatan pada sistem koordinat geografis.

Skala utama : Sama dengan skala bola dunia referensi.

Sistem koordinat yang diproyeksikan: Sistem koordinat bidang yang didasarkan pada proyeksi peta.

Proyeksi: Proses mengubah hubungan spasial fitur di permukaan Bumi ke peta datar.

Sistem Survei Tanah Publik (PLSS): Sistem pembagian tanah yang digunakan di Amerika Serikat.

Globe referensi: Model Bumi yang diperkecil untuk membuat proyeksi peta. Disebut juga globe nominal atau globe pembangkit.

Proyeksi ulang: Proyeksi data spasial dari satu sistem koordinat yang diproyeksikan ke sistem koordinat lainnya.

Faktor skala : Rasio skala lokal terhadap skala globe referensi. Faktor skala adalah 1,0 sepanjang garis standar.

Garis standar : Garis singgung antara permukaan proyeksi dan bola referensi. Garis standar tidak memiliki distorsi proyeksi dan memiliki skala yang sama dengan bola referensi.

Meridian standar: Garis standar yang mengikuti meridian.

Paralel baku: Garis baku yang mengikuti garis paralel.

Sistem Koordinat Bidang Negara Bagian (SPC):

Sistem koordinat yang dikembangkan pada tahun 1930-an untuk mencatat secara permanen lokasi monumen survei tanah asli di Amerika Serikat. Sebagian besar negara bagian memiliki lebih dari satu zona berdasarkan sistem SPC27 atau SPC83.

Proyeksi Mercator Transversal: Proyeksi peta umum, yang menjadi dasar untuk sistem grid UTM dan sistem SPC.

Sistem grid Universal Polar Stereographic

(UPS): Sistem grid yang membagi wilayah kutub

menjadi serangkaian kotak berukuran 100.000 meter, mirip dengan sistem grid UTM.

Sistem grid Universal Transverse Mercator (UTM):

Sistem koordinat yang membagi permukaan Bumi antara 84° LU dan 80° LS menjadi 60 zona, dengan setiap zona dibagi lagi menjadi belahan bumi utara dan belahan bumi selatan.

WGS84: Elipsoid yang ditentukan satelit untuk Sistem Geodetik Dunia 1984.

x-shift: Nilai yang diterapkan pada pembacaan koordinat x untuk mengurangi jumlah digit.

Pergeseran y: Nilai yang diterapkan pada pembacaan koordinat y untuk mengurangi jumlah digit.

PERTANYAAN ULASAN

1. Apa itu datum?
2. Jelaskan perbedaan antara NAD27 dan NAD83.
3. Apa itu WGS84?
4. Ambil peta segi empat USGS di wilayah Anda. Periksa informasi di peta.
Margin peta. Jika datum diubah dari NAD27 menjadi NAD83, berapakah pergeseran horizontal yang diharapkan?
5. Kunjungi situs web NGS-CORS (<http://www.ngs.noaa.gov/CORS/>). Berapa banyak stasiun referensi yang beroperasi terus-menerus di negara bagian Anda? Gunakan tautan di situs web untuk mempelajari lebih lanjut tentang CORS.
6. Jelaskan pentingnya proyeksi peta.
7. Jelaskan empat jenis proyeksi peta berdasarkan properti yang dilestarikan.
8. Jelaskan tiga jenis proyeksi peta berdasarkan proyeksi atau permukaan yang dapat dikembangkan.
9. Jelaskan perbedaan antara standar garis dan garis tengah.
10. Bagaimana hubungan faktor skala dengan prinsipal skala?
11. Sebutkan dua sistem koordinat proyeksi yang umum digunakan yang didasarkan pada proyeksi Mercator melintang.
12. Google pusat data GIS untuk negara bagian Anda. Kunjungi situs web lembaga kliring. Apakah situs web ini menggunakan sistem koordinat umum untuk kumpulan data di seluruh negara bagian? Jika ya, apa sistem koordinatnya? Apa saja nilai parameter untuk sistem koordinat tersebut?
13. Apa itu Web Mercator?
14. Jelaskan bagaimana zona UTM didefinisikan dalam istilah meridian pusat, meridian standar, dan faktor skala.
15. Anda berada di zona UTM yang mana? Di mana meridian tengah zona UTM?
16. Berapa banyak zona SPC yang dimiliki negara bagian Anda? Zona SPC didasarkan pada proyeksi peta apa?
17. Jelaskan cara kerja proyeksi on-the-fly.

APLIKASI: SISTEM KOORDINAT

Bagian aplikasi ini mencakup berbagai skenario proyeksi dan reprojeksi dalam lima tugas. Tugas 1 menunjukkan cara memproyeksikan shapefile dari sistem koordinat geografis ke sistem koordinat proyeksi khusus. Di Tugas 2, Anda juga akan memproyeksikan shapefile dari sistem koordinat geografis ke sistem koordinat proyeksi.

sistem koordinat, tetapi menggunakan sistem koordinat yang sudah didefinisikan di Tugas 1. Di Tugas 3, Anda akan membuat shapefile dari berkas teks yang berisi lokasi titik dalam koordinat geografis dan memproyeksikan shapefile tersebut ke sistem koordinat proyeksi yang telah ditentukan sebelumnya. Di Tugas 4, Anda akan melihat bagaimana

42 BAB 2 Sistem Koordinat

Proyeksi berfungsi, lalu memproyeksikan ulang sebuah shapefile ke sistem koordinat proyeksi yang berbeda. Dirancang untuk tampilan data, proyeksi on-the-fly tidak mengubah referensi spasial suatu set data. Untuk mengubah referensi spasial suatu set data, Anda harus memproyeksikan ulang set data tersebut. Tugas 5 memungkinkan Anda memproyeksikan ulang raster.

Untuk empat tugas pertama dengan data vektor, Anda akan menggunakan alat "Tentukan Proyeksi" dan "Proyek" di ArcToolbox. Alat "Tentukan Proyeksi" mendefinisikan sistem koordinat. Alat "Proyek" memproyeksikan sistem koordinat geografis atau yang diproyeksikan. ArcToolbox memiliki tiga opsi untuk mendefinisikan sistem koordinat: memilih sistem koordinat yang telah ditentukan sebelumnya, mengimpor sistem koordinat dari set data yang ada, atau membuat sistem koordinat (kustom) baru. Sistem koordinat yang telah ditentukan sebelumnya sudah memiliki berkas proyeksi. Sistem koordinat baru dapat disimpan ke dalam berkas proyeksi, yang kemudian dapat digunakan untuk mendefinisikan atau memproyeksikan set data lainnya.

ArcToolbox memiliki alat terpisah dalam perangkat Alat Manajemen Data/Proyeksi dan Transformasi/Raster untuk memproyeksikan raster.

Tugas 1 Proyek dari Sistem Koordinat Geografis ke Sistem Koordinat yang Diproyeksikan

Yang Anda butuhkan: idll.shp, sebuah shapefile yang diukur dalam koordinat geografis dan derajat desimal. idll.shp adalah lapisan garis besar Idaho.

Untuk Tugas 1, pertama-tama Anda akan mendefinisikan idll.shp dengan memilih sistem koordinat geografis yang telah ditentukan sebelumnya, lalu memproyeksikan shapefile tersebut ke sistem koordinat transversal Mercator Idaho (IDTM). Sebagai sistem koordinat khusus, IDTM memiliki nilai parameter berikut:

Proyeksi Transversal Mercator

Tanggal NAD83

Satuan meter

Parameter

faktor skala: 0,9996

meridian tengah: 114.0

lintang referensi: 42.0

timur palsu: 2.500.000

arah utara palsu: 1.200.000

1. Jalankan ArcCatalog, dan buat koneksi ke database Bab 2. Luncurkan ArcMap, lalu ganti nama Layers Task 1. Tambahkan idll.shp ke Task 1. Klik OK pada dialog Referensi Spasial Tidak Dikenal.
2. Pertama tentukan sistem koordinat untuk idll.shp. Klik ArcToolbox di ArcMap untuk membukanya. Klik kanan ArcToolbox dan pilih Environments. Di dialog Environment Settings, pilih database Bab 2 untuk ruang kerja saat ini dan scratch. Klik dua kali alat "Tentukan Proyeksi" di kumpulan alat "Alat Manajemen Data/Proyeksi dan Transformasi". Pilih idll.shp untuk kelas fitur input. Dialog akan menampilkan idll.shp. shp memiliki sistem koordinat yang tidak diketahui. Klik tombol sistem koordinat untuk membuka dialog Properti Referensi Spasial. Pilih Sistem Koordinat Geografis, Amerika Utara, dan NAD 1927. Klik OK untuk menutup dialog. Periksa properti idll.shp. Tab Sumber akan menampilkan GCS_North_American_1927.
3. Selanjutnya, proyeksikan idll.shp ke sistem koordinat IDTM. Klik dua kali alat Proyek di set alat Manajemen Data/Proyeksi dan Transformasi. Pada dialog Proyek, pilih idll.shp untuk kelas fitur input, tentukan idtm.shp untuk kelas fitur output, dan klik tombol untuk sistem koordinat output untuk membuka dialog Properti Referensi Spasial. Dialog tersebut memiliki tombol Tambahkan Sistem Koordinat di bagian atas, yang memungkinkan Anda menambahkan atau mengimpor sistem koordinat. Pilih Baru, lalu Sistem Koordinat yang Diproyeksikan. Pada dialog Sistem Koordinat yang Diproyeksikan Baru, masukkan idtm83.prj sebagai namanya. Kemudian, di jendela Proyeksi, pilih Transverse_Mercator dari menu Nama, dan masukkan nilai parameter berikut: 2500000 untuk False_Easting, 1200000 untuk False_Northing, -114 untuk Central_Meridian, 0,9996 untuk Scale_Factor, dan 42 untuk Latitude_Of-Origin. Pastikan Unit Linear adalah Meter. Klik tombol Ubah untuk Sistem Koordinat Geografis.

Pilih Amerika Utara dan NAD 1983. Klik OK. idtm83.prj sekarang muncul sebagai sistem koordinat kustom dalam dialog Properti Referensi Spasial. Tutup dialog tersebut.

4. Perhatikan bahwa NAD_1927_To_NAD_1983_NADCON tercantum di jendela Transformasi Geografis. Hal ini karena idll.shp berbasis NAD27 dan idtm83 berbasis NAD83. Klik OK untuk menjalankan perintah.
5. Anda dapat memverifikasi apakah idll.shp telah berhasil diproyeksikan ke idtm.shp dengan memeriksa properti idtm.shp.

Q1. Ringkaslah dengan kata-kata Anda sendiri langkah-langkah yang telah Anda ikuti untuk menyelesaikan Tugas 1.

Tugas 2 Mengimpor Sistem Koordinat

Yang Anda butuhkan: stationsll.shp, sebuah shapefile yang diukur dalam nilai bujur dan lintang dan dalam derajat desimal. stationsll.shp berisi jalur salju di Idaho.

Pada Tugas 2, Anda akan menyelesaikan proyeksi stationsll.shp dengan mengimpor informasi proyeksi pada idll.shp dan idtm.shp dari Tugas 1.

1. Masukkan bingkai data baru dan ganti namanya menjadi Tugas 2. Tambahkan stationsll.shp ke Tugas 2. Pesan peringatan muncul, menyarankan bahwa stationsll.shp memiliki sistem koordinat yang tidak diketahui. Abaikan pesan tersebut. Klik dua kali alat Tentukan Proyeksi. Pilih stationsll.shp untuk kelas fitur input. Klik tombol Sistem Koordinat. Pilih Impor dari menu tarik-turun Tambahkan Sistem Koordinat. Kemudian, pilih idll.shp pada dialog Telusuri Set Data atau Sistem Koordinat. Klik OK untuk menjalankan perintah.

Q2. Jelaskan dengan kata-kata Anda sendiri apa yang telah Anda lakukan pada Langkah 1.

2. Klik dua kali alat Proyek. Pilih stasiun. shp untuk kelas fitur masukan, tentukan station-stm.shp untuk kelas fitur keluaran, dan klik tombol untuk sistem koordinat keluaran. Pilih Impor dari menu tarik-turun Tambahkan Sistem Koordinat. Lalu pilih idtm.shp

pada dialog Telusuri Set Data atau Sistem Koordinat.

Tutup dialog Properti Referensi Spasial. Perhatikan bahwa NAD_1927_To_NAD_1983_NADCON tercantum di jendela Transformasi Geografis. Klik OK untuk menyelesaikan operasi. stationstm.shp sekarang diproyeksikan ke sistem koordinat yang sama (IDTM) seperti idtm.shp.

3. Untuk memeriksa apakah stationstm terdaftar dengan idtm atau tidak, Anda dapat menyalin dan menempelkan idtm dari Tugas 1 ke Tugas 2. Klik kanan stationstm dan pilih Zoom to Layer. Kedua lapisan akan terdaftar secara spasial.

Tugas 3 Proyek Menggunakan Sistem Koordinat yang Telah Ditentukan

Yang Anda butuhkan: snow.txt, berkas teks yang berisi koordinat geografis 40 lapangan salju di Idaho.

Pada Tugas 3, pertama-tama Anda akan membuat lapisan kejadian dari snow.txt. Kemudian, Anda akan memproyeksikan lapisan kejadian tersebut, yang masih diukur dalam nilai bujur dan lintang, ke sistem koordinat proyeksi (UTM) yang telah ditentukan sebelumnya dan menyimpan hasilnya ke dalam shapefile.

1. Masukkan bingkai data baru di ArcMap, ganti namanya menjadi Tugas 3&4, dan tambahkan snow.txt ke Tugas 3&4. (Perhatikan bahwa daftar isi ada di tab Daftar Berdasarkan Sumber.) Klik kanan snow.txt dan pilih Tampilkan Data XY. Pada dialog berikutnya, pastikan snow.txt adalah tabel input, bujur adalah kolom X, dan lintang adalah kolom Y. Dialog menunjukkan bahwa koordinat input memiliki sistem koordinat yang tidak diketahui. Klik tombol Edit untuk membuka dialog Properti Referensi Spasial. Pilih Sistem Koordinat Geografis, Amerika Utara, dan NAD 1983. Tutup dialog, lalu klik OK pada pesan peringatan yang menyatakan bahwa tabel tidak memiliki kolom ID Objek.
2. Acara snow.txt telah ditambahkan ke ArcMap. Anda sekarang dapat memproyeksikan Acara snow.txt dan menyimpan hasilnya ke dalam shapefile. Klik dua kali alat Proyek di Manajemen Data.

44 BAB 2 Sistem Koordinat

Peralatan/Perangkat Proyeksi dan Transformasi. Pilih snow.txt Events untuk set data input, dan tentukan snowutm83.shp untuk kelas fitur output. Klik tombol untuk sistem koordinat output. Pada dialog Spatial Reference Properties, pilih Projected Coordinate Systems, UTM, NAD 1983, dan NAD 1983 UTM Zone 11N. Klik OK untuk memproyeksikan set data.

Q3. Anda tidak perlu meminta transformasi geografis pada Langkah 2. Mengapa?

Tugas 4 Memproyeksikan Ulang Sistem Koordinat

Yang Anda butuhkan: idtm.shp dari Tugas 1 dan snowutm83.shp dari Tugas 3.

Tugas 4 pertama-tama menunjukkan kepada Anda cara kerja proyeksi on-the-fly di ArcMap dan kemudian meminta Anda untuk mengonversi idtm.shp dari sistem koordinat IDTM ke sistem koordinat UTM.

- Klik kanan Tugas 3&4, lalu pilih Properti. Tab Sistem Koordinat menunjukkan GCS_North_American_1983 menjadi sistem koordinat saat ini. ArcMap menetapkan sistem koordinat lapisan pertama (misalnya, snow.txt Events) sebagai sistem koordinat bingkai data. Anda dapat mengubahnya dengan memilih Impor di menu Tambahkan Sistem Koordinat. Pada dialog berikutnya, pilih snowutm83.shp. Tutup dialog. Sekarang Tugas 3&4 didasarkan pada sistem koordinat Zona 11N UTM NAD 1983.

- Tambahkan idtm.shp ke Tugas 3 & 4. Meskipun idtm didasarkan pada sistem koordinat IDTM, ia terdaftar secara spasial dengan snowutm83 di ArcMap. ArcGIS dapat memproyeksikan ulang suatu set data secara langsung (Bagian 2.5.3). ArcGIS menggunakan informasi referensi spasial yang tersedia untuk memproyeksikan idtm ke sistem koordinat kerangka data.
- Sisa Tugas 4 adalah memproyeksikan idtm.shp ke sistem koordinat UTM dan untuk membuat shapefile baru. Klik dua kali alat Proyek. Pilih idtm untuk kelas fitur input, tentukan idutm83.shp untuk kelas fitur output, dan klik tombol untuk koordinat output

sistem. Dalam dialog Properti Referensi Spasial, pilih Sistem Koordinat Terproyeksi, UTM, NAD 1983, dan Zona UTM NAD 1983 11N. Klik OK untuk menjalankan perintah.

Q4. Bisakah Anda menggunakan Impor alih-alih Pilih pada langkah

3? Jika ya, bagaimana caranya?

- Meskipun idutm83 tampak persis sama dengan idtm di ArcMap, ia telah diproyeksikan ke sistem grid UTM.

Tugas 5 Memproyeksikan Ulang Raster

Yang Anda butuhkan: idtm.shp dari Tugas 1 dan emidalat, sebuah raster. Secara geografis, emidalat menempati area persegi panjang yang sangat kecil di Idaho utara.

Tugas 5 memungkinkan Anda memproyeksikan emidalat dari sistem koordinat UTM ke sistem koordinat Mercator melintang Idaho.

- Masukkan bingkai data baru di ArcMap, dan ganti namanya menjadi Tugas 5. Tambahkan emidalat ke Tugas 5. Klik kanan emidalat dan pilih Properties. Tab Sumber pada dialog Properti Lapisan menunjukkan bahwa emidalat memiliki referensi spasial NAD_1927_UTM_ZONE_11N. Klik kanan Tugas 5 dan pilih Properti. Tab Sistem Koordinat menunjukkan referensi spasial yang sama dengan emidalat.
 - Tambahkan idtm.shp ke Tugas 5. idtm didasarkan pada NAD83.
 - Klik dua kali alat Project Raster di perangkat Alat Manajemen Data/Proyeksi dan Transformasi/Raster.
 - Pada dialog berikutnya, masukkan emidalat untuk raster masukan, emidatm untuk dataset raster keluaran, lalu klik tombol untuk sistem koordinat keluaran. Pada dialog Properti Referensi Spasial, pilih Impor dari menu tarik-turun Tambahkan Sistem Koordinat.
- Impor idtm.shp ke dalam dialog Telusuri Set Data atau Sistem Koordinat, lalu tutup dialog. Perhatikan NAD_1927_To_NAD_1983_NADCON telah dipilih sebelumnya untuk Transformasi Geografis. Klik OK untuk menjalankan perintah Project Raster.

5. emidatm ditambahkan ke Tugas 5. Untuk memverifikasi emidatm Jika telah diproyeksikan ulang, klik kanan emidatm dan pilih Properti. Tab Sumber menampilkan referensi spasial NAD _1983_Transverse_Mercator.
6. Pilih Daftar berdasarkan Urutan Gambar di tabel Isi. Letakkan emidatm di atas idtm. Klik kanan idtm dan pilih Zoom ke Layer. Anda akan melihat emidatm sebagai alun-alun kecil di Idaho utara.

Tugas Tantangan

Yang Anda butuhkan: idroads.shp dan mtroads.shp.

Basis data Bab 2 mencakup idroads.shp dan mtroads.shp, shapefile jalan untuk Idaho dan Montana. idroads.shp diproyeksikan ke IDTM, tetapi memiliki false easting yang salah

(500.000) dan nilai false northing (100.000). mtroads.shp diproyeksikan ke NAD 1983 (2011) Sistem koordinat State Plane Montana FIPS 2500 dalam meter, tetapi tidak memiliki berkas proyeksi.

1. Gunakan alat Proyek dan informasi IDTM dari Tugas 1 untuk memproyeksikan ulang idroads.shp dengan nilai false easting (2.500.000) dan false northing (1.200.000) yang benar, dengan tetap menjaga parameter lainnya tetap sama. Beri nama output idroads2.shp.
2. Gunakan alat Tentukan Proyeksi untuk menentukan terlebih dahulu sistem koordinat mtroads.shp. Kemudian, gunakan alat Proyek untuk memproyeksikan ulang mtroads.shp ke IDTM dan beri nama keluarannya mtroads_idtm.shp.
3. Verifikasi bahwa idroads2.shp dan mtroads_idtm.shp memiliki informasi referensi spasial yang sama.

REFERENSI

- | | | |
|--|--|--|
| Battersby, SE 2009. Efeknya Pengetahuan Proyeksi Peta Skala Global pada Luas Lahan yang Dirasakan. <i>Cartographica</i> 44:33–44. | Jenny, B., T. Patterson, dan L. Hurni. 2010. Desain Grafis Proyeksi Peta Dunia. <i>Jurnal Internasional Ilmu Informasi Geografis</i> 24:1687–1702. | Robinson, AH, JL Morrison, PC Muehrcke, AJ Kimerling, dan SC Guntill. 1995. Elemen Kartografi, edisi ke-6. New York: Wiley. |
| Battersby, SE, MP Finn, EL Usery, dan KH Yamamoto. 2014. Implikasi Web Merca-tor dan Penggunaannya dalam Pemetaan Daring. <i>Cartographica</i> 49:85–101. | Kimerling, AJ, AR Buckley, PC Muehrcke, dan JO Muehrcke. 2011. Penggunaan Peta: Membaca dan Analisis. Edisi ke-7. Redlands, CA: Esri Press. | Snay, RA, dan T. Soler. 2000. Sistem Referensi Terrestrial Modern. Bagian 2: Evolusi NAD83. Surveyor Profesional, Februari 2000 |
| Bosowski, EF, dan TG Freeman. 1997. Penggunaan Faktor Skala dalam Analisis Peta: Pendekatan Dasar. <i>Cartographica</i> 34:35–44. | Kjenstad, K. 2011. Konstruksi dan Perhitungan pada Elipsoid. <i>Jurnal Internasional Ilmu Informasi Geografis</i> 25:1413–37. | Snyder, JP 1987. Proyeksi Peta—Manual Kerja. Washington, DC: US Geological Survey Professional Paper 1395. |
| Burkard, RK 1984. Geodesi untuk Orang Awam. Washington, DC: Badan Pemetaan Pertahanan. Tersedia di http://www.ngs.noaa.gov/PUBS_LIB/Geodesy4Layman/TR80003A .HTM#ZZ0/ . | Maling, DH 1992. Sistem Koordinat dan Proyeksi Peta, edisi ke-2. Oxford, Inggris: Pergamon Press. | Snyder, JP 1993. Meratakan Bumi: Proyeksi Peta Dua Ribu Tahun. Chicago: University of Chicago Press. |
| Iliffe, J. 2000. Datum dan Peta Proyeksi untuk Penginderaan Jauh, SIG, dan Survei. Boca Raton, FL: CRC Press. | Moffitt, FH, dan JD Bossler. 1998. Survei, edisi ke-10. Menlo Park, CA: Addison-Wesley. | Benar, SA 2004. Merencanakan Masa Depan Sistem Geodetik Dunia 1984. Simposium Posisi Lokasi dan Navigasi, 2004. RENCANA 2004:639–48. |

Elemen Desain: (Kompas): DNY59/Getty Images; (Sungai Mississippi): Gambar Landsat oleh Robert Simon, berdasarkan data dari UMD Global Land Cover Facility/NASA



3

MODEL DATA VEKTOR

GARIS BESAR BAB

3.1 Representasi Fitur Spasial

3.2 Topologi

3.3 Model Data Georelasional

3.4 Model Data Berbasis Objek

3.5 Representasi Fitur Komposit

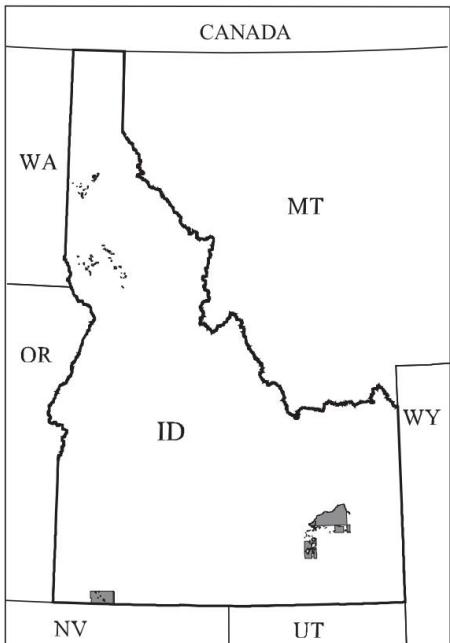
Dengan melihat peta kertas, kita dapat mengetahui seperti apa fitur-fitur peta tersebut dan bagaimana keterkaitan spasialnya. Misalnya, pada Gambar 3.1, kita dapat melihat bahwa Idaho berbatasan dengan Montana, Wyoming, Utah, Nevada, Oregon, Washington, dan Kanada, serta memiliki beberapa reservasi penduduk asli Amerika.

Bagaimana komputer dapat "melihat" fitur yang sama dan hubungan spasialnya? Bab 3 mencoba menjawab pertanyaan tersebut dari perspektif data vektor.

Model **data vektor**, juga disebut model objek diskrit, menggunakan objek diskrit untuk merepresentasikan fitur spasial di permukaan Bumi.

Berdasarkan konsep ini, data vektor dapat disiapkan dalam tiga langkah dasar. Langkah pertama adalah mengklasifikasikan

fitur spasial menjadi titik, garis, dan poligon di atas ruang kosong dan merepresentasikan lokasi dan bentuk fitur-fitur ini menggunakan titik dan koordinat x, y-nya. Langkah kedua menyusun properti dan hubungan spasial objek-objek geometris ini dalam kerangka kerja yang logis. Sebagian besar perubahan selama tiga dekade terakhir terkait dengan langkah kedua, yang mencerminkan kemajuan teknologi komputer dan sifat kompetitif pasar sistem informasi geografis (SIG). Langkah ketiga mengkode dan menyimpan data vektor dalam berkas data digital sehingga dapat diakses, diinterpretasikan, dan diproses oleh komputer. Komputer mengenali format berkas data (yaitu, bagaimana data disusun dan disimpan) berdasarkan ekstensinya.



Gambar 3.1

Peta referensi yang menunjukkan Idaho, tanah yang dipercayakan oleh Amerika Serikat untuk penduduk asli Amerika di Idaho, serta negara bagian dan negara di sekitarnya.

Bab ini menggunakan data vektor untuk perangkat lunak Esri sebagai contoh. Esri telah memperkenalkan model data vektor baru dengan setiap paket perangkat lunak baru: **cakupan** dengan Arc/Info, **shapefile** dengan ArcView, dan **geodata-base** dengan ArcGIS. Oleh karena itu, dengan memeriksa data vektor untuk perangkat lunak Esri, kita dapat mengikuti evolusi data vektor yang digunakan dalam SIG. Alasan lainnya adalah banyak lembaga pemerintah AS mengirimkan data geospasial mereka dalam bentuk shapefile dan geodatabase (Bab 5).

Cakupan dan shapefile merupakan contoh model data georelasional, yang menggunakan sistem terpisah untuk menyimpan geometri dan atribut, dua komponen utama data geospasial. Cakupan bersifat topologis (yaitu, dengan hubungan spasial eksplisit antar fitur spasial), sedangkan shapefile bersifat nontopologis. Geodatabase merupakan contoh model data berbasis objek, yang menyimpan geometri dan atribut vektor.

data dalam satu sistem dan dapat membangun topologi sesuai permintaan.

Bagian 3 terdiri dari lima bagian berikut. Bagian 3.1 membahas representasi fitur spasial sebagai titik, garis, dan poligon.

Bagian 3.2 menjelaskan penggunaan topologi untuk mengekspresikan hubungan spasial dalam data vektor dan pentingnya topologi dalam SIG. Bagian 3.3 memperkenalkan model data georelasional, cakupan, dan shapefile. Bagian 3.4 memperkenalkan model data berbasis objek, geodatabase, aturan topologi, dan keunggulan geodatabase. Bagian 3.5 membahas fitur spasial yang lebih baik direpresentasikan sebagai komposit titik, garis, dan poligon.

3.1 REPRESENTASI FITUR SPASIAL

Model data vektor menggunakan objek geometris titik, garis, dan poligon untuk merepresentasikan fitur spasial. Titik tidak memiliki dimensi dan hanya memiliki sifat lokasi. Fitur titik terdiri dari satu titik atau sekumpulan titik. Sumur, patokan, dan lubang kerikil pada peta topografi merupakan contoh fitur titik.

Garis bersifat satu dimensi dan memiliki sifat panjang, selain lokasinya. Garis memiliki dua titik ujung dan mungkin memiliki titik-titik tambahan di antaranya untuk menandai bentuknya. Bentuk garis dapat berupa sambungan segmen-semen garis lurus atau kurva halus yang dihasilkan menggunakan fungsi matematika. Fitur garis terdiri dari satu garis atau serangkaian garis. Jalan, batas wilayah, dan sungai kecil adalah contoh fitur garis.

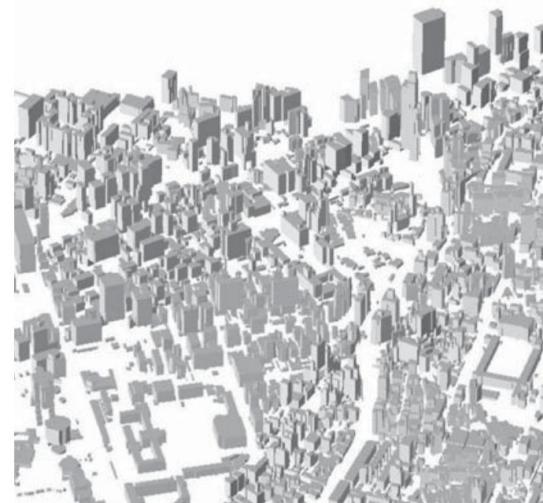
Poligon bersifat dua dimensi dan memiliki sifat luas (ukuran) dan keliling, selain lokasi. Terdiri dari garis-garis yang terhubung, tertutup, dan tidak berpotongan, keliling atau batasnya menentukan luas suatu poligon. Poligon dapat berdiri sendiri atau berbagi batas dengan poligon lain. Poligon juga dapat memiliki lubang di dalam batasnya, yang menghasilkan batas eksterior dan interior. Fitur poligon terdiri dari satu poligon atau sekumpulan poligon.

Contoh fitur poligon meliputi daerah bervegetasi, daerah perkotaan, dan badan air.

Untuk menunjukkan lokasinya, suatu titik direpresentasikan oleh sepasang koordinat x dan y, baik geografis maupun terproyeksi (Bab 2). Demikian pula, suatu garis atau poligon direpresentasikan oleh serangkaian koordinat x dan y. Untuk beberapa fitur spasial, pengukuran tambahan mungkin disertakan. Sebagai contoh, titik-titik yang menunjukkan data geososial (Bab 1) dapat memuat ukuran waktu dan pengguna, garis yang menunjukkan jalur kereta bawah tanah memuat ukuran kedalaman, dan poligon yang menunjukkan bangunan memuat ukuran ketinggian. Pada Gambar 3.2, misalnya, setiap bangunan ditinggikan ke ketinggian yang sesuai dengan ukuran ketinggiannya.

Meskipun klasifikasi objek titik, garis, dan poligon diterima dengan baik dalam SIG, istilah lain mungkin muncul dalam literatur. Misalnya, multtititik mengacu pada sekumpulan titik, multigaris mengacu pada sekumpulan garis, dan multipolygon mengacu pada sekumpulan poligon. Koleksi geometri adalah objek yang mencakup elemen-elemen dari berbagai jenis geometri, seperti titik dan poligon. Kotak 3.1 menunjukkan contoh tambahan objek geometri yang digunakan oleh Google, OpenStreet Map, dan GeoJSON.

Perlu dicatat bahwa representasi fitur spasial pada peta kertas—sumber utama Data GIS—tidak selalu mudah karena



Gambar 3.2

Setiap bangunan dalam gambar 3-D ini ditinggikan ke tingkat tertentu sesuai dengan ukuran ketinggian yang disimpan dengan koordinat x, y.

dapat bergantung pada skala peta. Misalnya, sebuah kota pada peta skala 1:1.000.000 mungkin tampak sebagai sebuah titik, tetapi kota yang sama mungkin tampak sebagai poligon pada peta skala 1:1.000.000.

Kotak 3.1
Spesifikasi Fitur Spasial oleh Google, OpenStreetMap, dan GeoJSON

Google mengadopsi istilah berikut untuk objek spasial diskrit di Google Earth, Google Maps, dan Google Maps untuk Seluler:

- Titik—lokasi geografis yang ditentukan oleh garis bujur dan garis lintang
- Linestring—satu set segmen garis yang terhubung
- Linering—garis yang tertutup, biasanya batas poligon
- Poligon—didefinisikan oleh batas luar dan 0 atau lebih batas dalam

OpenStreetMap, sebuah proyek pemetaan kolaboratif yang berfokus pada jaringan jalan, menetapkan istilah berikut untuk data geografis:

- Node—suatu titik di ruang angkasa yang ditentukan oleh garis bujur, garis lintang, dan ID

- Jalan—batas fitur linier atau area yang ditentukan oleh daftar node

GeoJSON, format standar terbuka untuk menentukan fitur geografis sederhana, membedakan jenis objek spasial berikut:

- Objek geometri tunggal—Titik, GarisString, dan Poligon
- Objek geometri multibagian—MultiPoint, MultiLineString, dan MultiPoligon
- GeometryCollections—koleksi heterogen dari objek geometris yang lebih kecil, seperti yang terdiri dari satu Titik dan satu GarisString

Peta skala 1:24.000. Representasi data vektor juga dapat bergantung pada kriteria yang ditetapkan oleh lembaga pemetaan pemerintah. Survei Geologi Amerika Serikat (USGS), misalnya, menggunakan garis tunggal untuk merepresentasikan sungai dengan lebar kurang dari 40 kaki pada peta topografi skala 1:24.000, dan garis ganda (dengan demikian poligon) untuk sungai yang lebih besar.

3.2 TOPOLOGI

Topologi mengacu pada studi tentang sifat-sifat objek geometris yang tetap invariant terhadap transformasi tertentu seperti pembengkokan atau peregangan (Massey 1967). Misalnya, karet gelang dapat diregangkan dan dibengkokkan tanpa kehilangan sifat intrinsiknya sebagai rangaian tertutup, selama transformasi tersebut berada dalam batas elastisnya. Contoh peta topologi adalah peta kereta bawah tanah (Gambar 3.3).



Gambar 3.3

Peta kereta bawah tanah awal Taipei, Taiwan.

Peta kereta bawah tanah menggambarkan dengan benar koneksi antara jalur kereta bawah tanah dan stasiun di setiap jalur tetapi memiliki distorsi dalam jarak dan arah.

Dalam SIG, data vektor dapat bersifat topologi atau nontopologis, bergantung pada apakah topologi tertanam dalam data atau tidak.

Topologi dapat dijelaskan melalui graf berarah (digraf), yang menunjukkan susunan objek geometris dan hubungan antar objek (Wilson dan Watkins 1990). Seperangkat primitif topologi sering digunakan untuk mengidentifikasi objek geometris ini dengan hubungan spasial. Sisi atau **busur** (digunakan oleh ArcGIS) adalah garis berarah dengan titik awal dan titik akhir. Titik akhir busur adalah **simpul**, dan titik antara, jika ada, adalah simpul. **Sisi** mengacu pada poligon yang dibatasi oleh busur. Jika busur menghubungkan dua simpul, simpul-simpul tersebut dikatakan bertetangga dan insidensi dengan busur. Kedekatan dan insidensi adalah dua hubungan fundamental yang dapat dibangun antara simpul dan busur dalam digraf (Kotak 3.2).

3.2.1 HARIMAU

Contoh awal penerapan topologi adalah basis data Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing (TIGER) dari AS

Biro Sensus (Broome dan Meixler 1990). Basis data TIGER menghubungkan batas wilayah statistik seperti kabupaten, wilayah sensus, dan kelompok blok dengan jalan, rel kereta api, sungai, dan fitur lainnya berdasarkan topologi. Pada Gambar 3.5, misalnya, busur b memiliki simpul awal b dan simpul akhir e, serta memiliki sisi 10 di sebelah kanan dan sisi 11 di sebelah kiri. Dengan asumsi sisi-sisi ini mewakili kelompok blok dan busur mewakili jalan, setiap kelompok blok diasosiasikan dengan jalan-jalan yang membentuk batasnya.

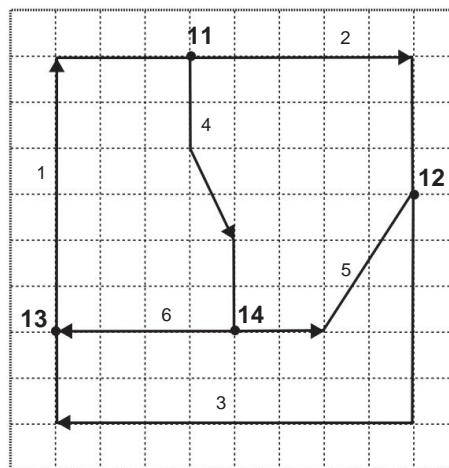
Dan ketika terhubung dengan Master Address File (MAF), basis data TIGER juga dapat mengidentifikasi apakah suatu alamat berada di sisi kanan atau kiri jalan (Gambar 3.6).

Selain database TIGER, contoh awal lain dari data vektor dengan topologi bawaan adalah grafik garis digital (DLG) dari USGS. DLG adalah representasi digital dari fitur titik, garis, dan area dari peta segi empat USGS, yang berisi


Kotak 3.2 Kedekatan dan Insidensi

Jika sebuah busur menghubungkan dua simpul, simpul-simpul tersebut dikatakan bertetangga dan insidensi dengan busur, dan hubungan ketetanggaan dan insidensi dapat dinyatakan secara eksplisit dalam matriks. Gambar 3.4 menunjukkan matriks ketetanggaan dan matriks insidensi untuk sebuah digraf. Nomor baris dan kolom dari matriks ketetanggaan bersesuaian dengan nomor simpul, dan nomor-nomor di dalam matriks merujuk pada jumlah busur yang menghubungkan simpul-simpul yang bersesuaian dalam digraf. Misalnya, 1 pada (11,12) berarti satu sambungan busur dari simpul 11 ke simpul 12, dan 0 pada (12,11) berarti tidak ada sambungan busur dari simpul 12 ke simpul 11. Arah busur menentukan apakah 1 atau 0 yang harus ditetapkan.

Nomor baris matriks insiden berkorelasi sesuai dengan nomor simpul pada Gambar 3.4, dan nomor kolom sesuai dengan nomor busur. Angka 1 pada matriks berarti busur datang dari sebuah simpul, -1 berarti busur berinsiden ke sebuah simpul, dan 0 berarti busur tidak berinsiden dari atau ke sebuah simpul. Ambil Contoh busur 1. Busur tersebut bersisian dari simpul 13, bersisian dengan simpul 11, dan tidak bersisian dengan semua simpul lainnya. Dengan demikian, matriks-matriks tersebut menyatakan hubungan ketetanggaan dan insidensi secara matematis.



Matriks ketetanggaan

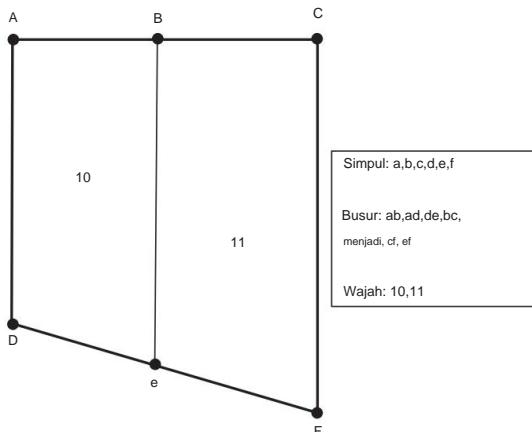
	11	12	13	14
11	0 1 0 1			
12	0	0	1	0
13	1	0	0	0
14	0	1	1	0

Matriks insiden

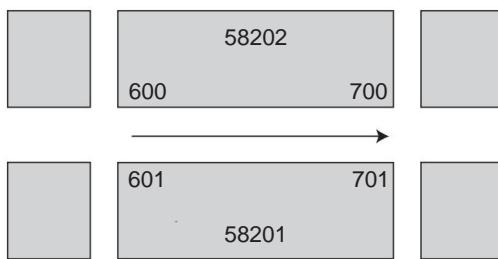
	1	2	3	4	5	6	7	8
11	-1	1	0	1	0	0	0	0
12	0	-1	1	0	-1	0	0	0
13	1	0	-1	0	0	0	0	-1
14	0	0	0	-1	1	1	0	0

Gambar 3.4

Matriks ketetanggaan dan matriks insidensi untuk sebuah digraf.

**Gambar 3.5**

Topologi dalam basis data TIGER melibatkan simpul, busur, dan permukaan.

**Gambar 3.6**

Rentang alamat dan kode pos dalam basis data TIGER memiliki penunjukan sisi kanan atau kiri berdasarkan arah jalan.

kategori data seperti garis kontur, hidrografi, batas, transportasi, dan Sistem Survei Tanah Publik AS.

3.2.2 Pentingnya Topologi

Topologi membutuhkan berkas data tambahan untuk menyimpan hubungan spasial. Hal ini tentu saja menimbulkan pertanyaan: Apa keuntungan memiliki topologi yang terintegrasi dalam suatu kumpulan data?

Topologi memiliki tiga keunggulan utama. Pertama, memastikan kualitas dan integritas data. Hal ini sebenarnya

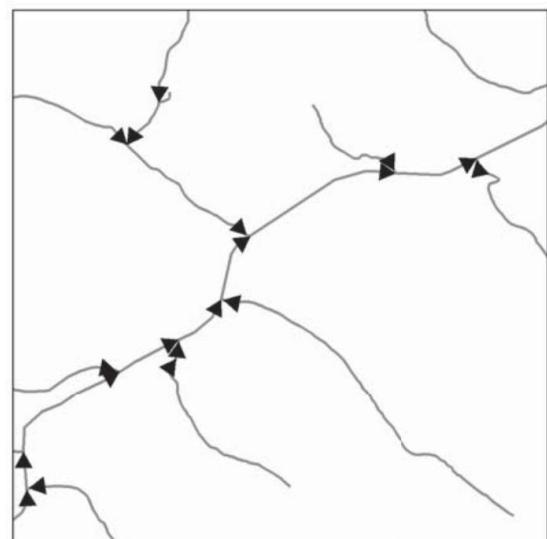
Mengapa Biro Sensus AS awalnya beralih ke to-pologi?

Topologi memungkinkan deteksi garis yang tidak bertemu dan poligon yang tidak menutup dengan benar.

Demikian pula, topologi dapat memastikan bahwa daerah dan wilayah sensus berbagi batas yang bertepatan tanpa celah atau tumpang tindih.

Kedua, topologi dapat meningkatkan analisis GIS.

Penyedia geocoding alamat awal (yaitu, memetakan alamat jalan pada peta) biasanya menggunakan basis data TIGER sebagai referensi karena tidak hanya memiliki rentang alamat tetapi juga memisahkannya berdasarkan sisi kiri atau kanan jalan. Topologi bawaan dalam basis data TIGER memungkinkan pemetaan alamat jalan. Analisis arus lalu lintas atau aliran sungai serupa dengan geocoding alamat, karena data aliran juga bersifat searah (Regnould dan Mackaness 2006). Inilah sebabnya data garis aliran yang diunduh dari situs web USGS mencakup arah aliran (Gambar 3.7). Contoh lain adalah analisis habitat satwa liar yang melibatkan tepi antar tipe habitat. Jika tepi dikodekan dengan arah kiri dan kanan,

**Gambar 3.7**

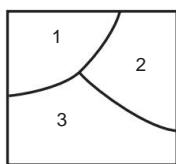
Garis abu-abu mewakili aliran sungai, dan setiap panah menunjukkan arah aliran segmen aliran.

poligon dalam kumpulan data berbasis topologi, jenis habitat tertentu (misalnya, pertumbuhan lama dan penebangan habis) di sepanjang tepian dapat dengan mudah ditabulasi dan dianalisis (Chang, Verbyla, dan Yeo 1995).

Ketiga, hubungan topologi antar fitur spasial memungkinkan pengguna SIG untuk melakukan kueri data spasial. Sebagai contoh, kita dapat menanyakan berapa banyak sekolah yang terdapat di suatu kabupaten dan bidang tanah mana yang berpotongan dengan garis patahan. Kontainmen dan interseksi adalah dua hubungan topologi yang penting untuk kueri data spasial (Bab 10).

3.3 GEORELASIONAL MODEL DATA

Model **data georelasional** menyimpan geometri dan atribut secara terpisah dalam sistem terpisah: geometri ("geo") dalam berkas grafik dalam subsistem spasial dan atribut ("relasional") dalam basis data relasional (Gambar 3.8). Biasanya, model data georelasional menggunakan nomor identifikasi fitur (ID) untuk menghubungkan kedua komponen. Kedua komponen tersebut harus disinkronkan agar dapat dikueri, dianalisis, dan ditampilkan secara bersamaan. Cakupan dan shapefile merupakan contoh model data georelasional; namun, cakupan bersifat topologis, sedangkan shapefile bersifat nontopologis.



File Grafis
Daftar poligon/busur
Daftar koordinat busur
Daftar kiri/kanan
.
.

Berkas INFO		
ID Poligon	Lapangan 1	...
1		
2		
3		

Gambar 3.8

Sebagai contoh model data georelasional, cakupan ArcInfo memiliki dua komponen: berkas grafik untuk data spasial dan berkas INFO untuk data atribut. Label menghubungkan kedua komponen tersebut.

3.3.1 Cakupan

Esri memperkenalkan cakupan dan topologi bawaannya pada tahun 1980-an untuk memisahkan GIS dari CAD (desain berbantuan komputer) pada saat itu. AutoCAD oleh Autodesk adalah, dan masih, paket CAD terkemuka. Format data yang digunakan AutoCAD untuk transfer berkas data disebut DXF (format pertukaran gambar). DXF menyimpan data dalam lapisan terpisah dan memungkinkan pengguna untuk menggambar setiap lapisan menggunakan simbol garis, warna, dan teks yang berbeda, tetapi berkas DXF tidak mendukung topologi.

Cakupan mendukung tiga hubungan topologi dasar (Environmental Systems Research Institute, Inc. 1998):

- **Konektivitas:** Busur terhubung satu sama lain di simpul.
- **Definisi luas:** Suatu luas didefinisikan oleh serangkaian busur yang terhubung.
- **Kedekatan:** Busur memiliki arah dan kiri dan poligon siku-siku.

Selain penggunaan istilah, ketiga hubungan topologi ini serupa dengan yang ada dalam basis data TIGER.

3.3.2 Struktur Data Cakupan

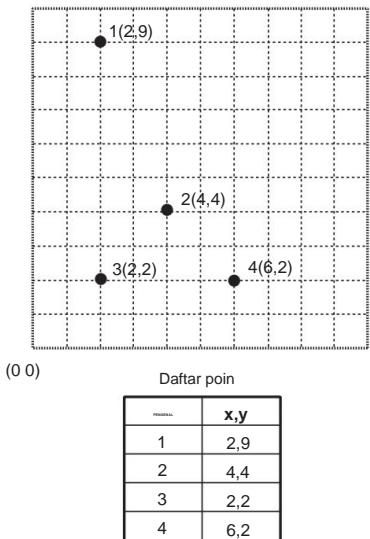
Hanya sedikit pengguna yang bekerja dengan cakupan saat ini; namun, struktur data cakupan masih penting untuk memahami hubungan topologi sederhana, yang telah dimasukkan ke dalam model data baru seperti geodatabase (Bagian 3.4.3).

Cakupan titik sederhana: Ini berisi fitur

ID dan pasangan koordinat x dan y (Gambar 3.9).

Gambar 3.10 menunjukkan struktur data cakupan garis.

Titik awal busur adalah simpul asal, dan titik akhir adalah simpul tujuan. Daftar busur-simpul mengurutkan hubungan busur-simpul. Misalnya, busur 2 memiliki 12 sebagai simpul asal dan 13 sebagai simpul tujuan. Daftar koordinat busur menunjukkan koordinat x, y dari simpul asal, simpul tujuan, dan titik-titik lain (simpul) yang membentuk setiap busur. Misalnya, busur 3 terdiri dari simpul asal di (2, 9), simpul tujuan di (4, 2), dan dua simpul di (2, 6) dan (4, 4). Oleh karena itu, busur 3 memiliki tiga segment garis.

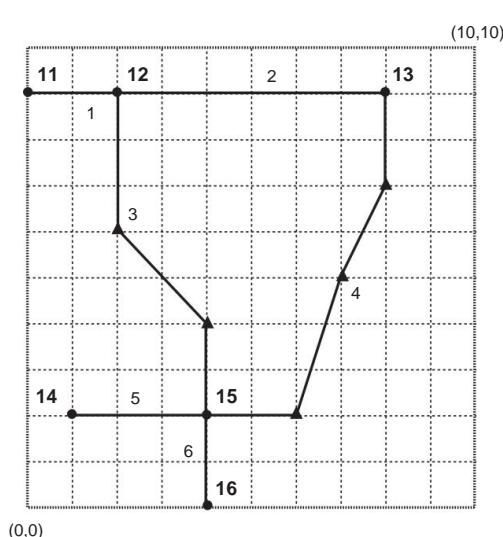
**Gambar 3.9**

Struktur data cakupan titik.

Gambar 3.11 menunjukkan struktur data cakupan poligon. Daftar poligon/busur menunjukkan hubungan antara poligon dan busur. Misalnya, busur 1, 4, dan 6 terhubung untuk mendefinisikan poligon 101. Poligon 104

berbeda dari poligon lain karena dikelilingi oleh poligon 102. Untuk menunjukkan bahwa poligon 104 adalah lubang di dalam poligon 102, daftar busur untuk poligon 102 berisi nol untuk memisahkan batas eksternal dan internal. Poligon 104 juga merupakan poligon terisolasi yang hanya terdiri dari satu busur (7). Oleh karena itu, sebuah simpul (15) ditempatkan di sepanjang busur untuk menjadi simpul awal dan akhir. Di luar area yang dipetakan, poligon 100 adalah poligon eksternal atau semesta. Daftar kiri/kanan pada Gambar 3.11 menunjukkan simpul dan titik sudut yang membentuk setiap busur.

Daftar seperti daftar poligon/busur disimpan sebagai berkas grafik dalam folder cakupan. Folder lain, yang disebut INFO, yang digunakan bersama oleh semua cakupan dalam ruang kerja yang sama, menyimpan berkas data atribut. Berkas grafik seperti daftar koordinat busur, daftar simpul busur, dan daftar busur poligon efisien dalam mengurangi redundansi data. Batas bersama atau umum antara dua poligon disimpan dalam daftar koordinat busur sekali, bukan dua kali. Hal ini tidak hanya mengurangi jumlah entri data tetapi juga memudahkan pembaruan poligon. Misalnya,

**Gambar 3.10**

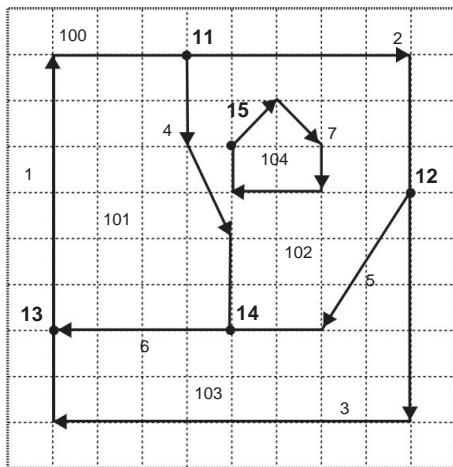
Struktur data cakupan garis.

Daftar simpul busur

Busur #	simpul F	simpul T
1	11	12
2	12	13
3	12	15
4	13	15
5	15	14
6	15	16

Daftar koordinat busur

Busur #	Koordinat x,y
1	(0,9) (2,9)
2	(2,9) (8,9)
3	(2,9) (2,6) (4,4) (4,2)
4	(8,9) (8,7) (7,5) (6,2) (4,2)
5	(4,2) (1,2)
6	(4,2) (4,0)



Daftar kiri/kanan

Busur #	L-polii	R-polii
1	100	101
2	100	102
3	100	103
4	102	101
5	103	102
6	103	101
7	102	104

Daftar busur poligon

Poligon #	Busur #
101	1,4,6
102	4,2,5,0,7
103	6,5,3
104	7

Daftar koordinat busur

Busur #	Koordinat x,y
1	(1,3) (1,9) (4,9)
2	(4,9) (9,9) (9,6)
3	(9,6) (9,1) (1,1) (1,3)
4	(4,9) (4,7) (5,5) (5,3)
5	(9,6) (7,3) (5,3)
6	(5,3) (1,3)
7 (5,7)	(6,8) (7,7) (7,6) (5,6) (5,7)

Gambar 3.11

Struktur data cakupan poligon.

Jika busur 4 pada Gambar 3.11 diubah menjadi garis lurus antara dua simpul, hanya daftar koordinat untuk busur 4 yang perlu diubah.

3.3.3 Shapefile

Dalam waktu kurang dari satu dekade setelah perusahaan GIS memperkenalkan topologi untuk memisahkan GIS dari CAD, perusahaan yang sama mengadopsi format data nontopologi sebagai format data nonproprietary standar.

Shapefile adalah format data nontopologi standar yang digunakan dalam produk Esri. Meskipun shapefile memperlakukan titik sebagai pasangan koordinat x dan y, garis sebagai serangkaian titik, dan poligon sebagai serangkaian segmen garis, tidak ada berkas yang menjelaskan hubungan spasial di antara objek-objek geometris tersebut.

Poligon sebenarnya memiliki busur duplikat untuk batas bersama dan dapat saling tumpang tindih. Geometri shapefile disimpan dalam dua berkas dasar: Berkas .shp menyimpan geometri fitur, dan berkas .shx menyimpan indeks spasial geometri fitur.

Data nontopologi seperti shapefile memiliki dua keunggulan utama. Pertama, data ini dapat ditampilkan lebih cepat di monitor komputer dibandingkan data berbasis topologi (Theobald 2001). Keunggulan ini khususnya penting bagi orang-orang yang menggunakan, alih-alih memproduksi, data SIG. Kedua, data ini bersifat non-eksklusif dan interoperabel, artinya dapat digunakan di berbagai paket perangkat lunak (misalnya, MapInfo dapat menggunakan shapefile, dan ArcGIS dapat menggunakan shapefile Interchange Format). Pengguna SIG

Mendorong interoperabilitas pada tahun 1990-an, yang menghasilkan pembentukan Open GIS Consortium, Inc. (sekarang Open Geospatial Consortium, Inc.), sebuah organisasi standar konsensus sukarela internasional, pada tahun 1994 (<http://www.opengeospatial.org>). Interoperabilitas merupakan misi utama Open GIS Consortium, Inc. sejak awal. Pengenalan format data nontopologi pada awal 1990-an mungkin merupakan respons langsung terhadap seruan untuk interoperabilitas.

3.4 MODEL DATA BERBASIS OBJEK

Entri terbaru dalam model data vektor, **model data berbasis objek** memperlakukan data geospasial sebagai objek.

Suatu **objek** dapat merepresentasikan fitur spasial seperti jalan, tegakan kayu, atau unit hidrologi. Suatu objek juga dapat merepresentasikan lapisan jalan atau sistem koordinat yang mendasari lapisan jalan tersebut. Faktanya, hampir semua hal dalam SIG dapat direpresentasikan sebagai suatu objek.

Bagi pengguna SIG, model data berbasis objek berbeda dari model data georelasional dalam dua aspek penting.

Pertama, model data berbasis objek menyimpan geometri dan atribut dalam satu sistem.

Geometri disimpan sebagai kumpulan data biner dalam bidang khusus dengan tipe data BLOB (binary large object). Gambar 3.12, misalnya, menunjukkan lapisan penggunaan lahan yang menyimpan geometri setiap poligon penggunaan lahan dalam bentuk bidang. Kedua, model data berbasis objek memungkinkan fitur spasial (objek) untuk dikaitkan dengan serangkaian properti dan metode.

Properti menggambarkan atribut atau karakteristik suatu objek.

Metode melakukan tindakan tertentu.

Oleh karena itu, sebagai objek lapisan fitur, lapisan jalan dapat

memiliki properti bentuk dan luas, serta dapat memiliki metode salin dan hapus. Properti dan metode secara langsung memengaruhi cara operasi SIG dilakukan. Pekerjaan dalam SIG berbasis objek sebenarnya ditentukan oleh properti dan metode yang telah ditetapkan untuk objek-objek dalam SIG.

3.4.1 Kelas dan Hubungan Kelas

Jika hampir semua hal dalam SIG dapat direpresentasikan sebagai objek, bagaimana objek-objek ini dikelola? Jawaban sederhananya adalah objek-objek ini dikelola berdasarkan kelas dan hubungan kelas. **Kelas** adalah sekumpulan objek dengan karakteristik yang serupa. Paket SIG seperti Arc-GIS menggunakan ribuan kelas. Agar pengembang perangkat lunak dapat mengorganisasikan kelas beserta properti dan metodenya secara sistematis, teknologi berorientasi objek memungkinkan hubungan seperti asosiasi, agregasi, komposisi, pewarisan tipe, dan instansiasi untuk dibangun antarkelas (Zeiler 2001; Larman 2001):

- Asosiasi menentukan berapa banyak contoh Satu kelas dapat dikaitkan dengan kelas lain melalui ekspresi multiplisitas di kedua ujung hubungan. Ekspresi multiplisitas yang umum adalah 1 (default) dan 1 atau lebih (1..*). Misalnya, suatu alamat dikaitkan dengan satu kode pos, tetapi alamat yang sama dapat dikaitkan dengan satu atau lebih apartemen.
- Agregasi menggambarkan keseluruhan-bagian hubungan antar kelas. Agregasi adalah jenis asosiasi, kecuali bahwa multiplisitas di ujung komposit ("keseluruhan") biasanya 1 dan multiplisitas di ujung lainnya ("bagian") adalah 0 atau bilangan bulat positif apa pun. Untuk

ID Objek Bentuk	ID_Penggunaan_Lahan	Kategori	Panjang_Bentuk	Luas_Bentuk
1	Poligon	1	5	14.607,7
2	Poligon	2	8	16.979,3
3	Poligon	3	5	42.654,2
				21.021.728

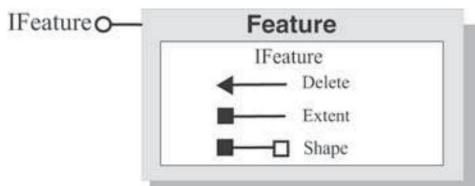
Gambar 3.12

Model data berbasis objek menyimpan setiap poligon penggunaan lahan dalam sebuah rekaman. Kolom Bentuk menyimpan geometri poligon penggunaan lahan. Kolom lainnya menyimpan data atribut seperti ID_Lahan dan Kategori.

- misalnya, suatu wilayah sensus merupakan agregat sejumlah blok sensus.
- Komposisi menggambarkan jenis asosiasi di mana bagian-bagiannya tidak dapat berdiri sendiri dari keseluruhannya. Misalnya, tempat istirahat di pinggir jalan raya tidak dapat berdiri sendiri tanpa jalan raya.
 - Pewarisan tipe mendefinisikan hubungan antara superkelas dan subkelas. Subkelas adalah anggota superkelas dan mewarisi properti serta metode superkelasnya, tetapi subkelas dapat memiliki properti dan metode tambahan untuk memisahkan dirinya dari anggota superkelas lainnya. Misalnya, area perumahan merupakan anggota area terbangun, tetapi dapat memiliki properti seperti luas tanah yang memisahkan area perumahan dari area terbangun komersial atau industri.
 - Instansiasi berarti suatu objek dari suatu kelas dapat dibuat dari objek dari kelas lain. Misalnya, objek kawasan perumahan berdensitas tinggi dapat dibuat dari objek kawasan perumahan.

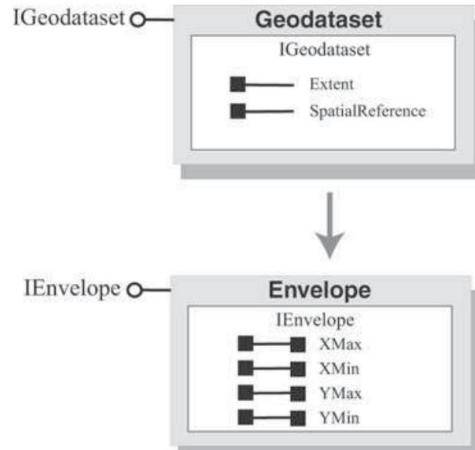
3.4.2 Antarmuka

Antarmuka merepresentasikan serangkaian operasi yang terlihat secara eksternal dari suatu kelas atau objek. Teknologi berbasis objek menggunakan mekanisme yang disebut **enkapsulasi** untuk menyembunyikan properti dan metode suatu objek sehingga objek tersebut hanya dapat diakses melalui antarmuka yang telah ditentukan sebelumnya (Gambar 3.13) .



Gambar 3.13

Objek Fitur mengimplementasikan antarmuka **IFeature**. **IFeature** memiliki akses ke properti **Extent** dan **Shape** serta metode **Delete**. Teknologi berorientasi objek menggunakan simbol untuk merepresentasikan antarmuka, properti, dan metode. Simbol untuk kedua properti berbeda dalam kasus ini karena **Extent** adalah properti baca-saja, sedangkan **Shape** adalah properti baca-dan-tulis (dengan referensi).



Gambar 3.14

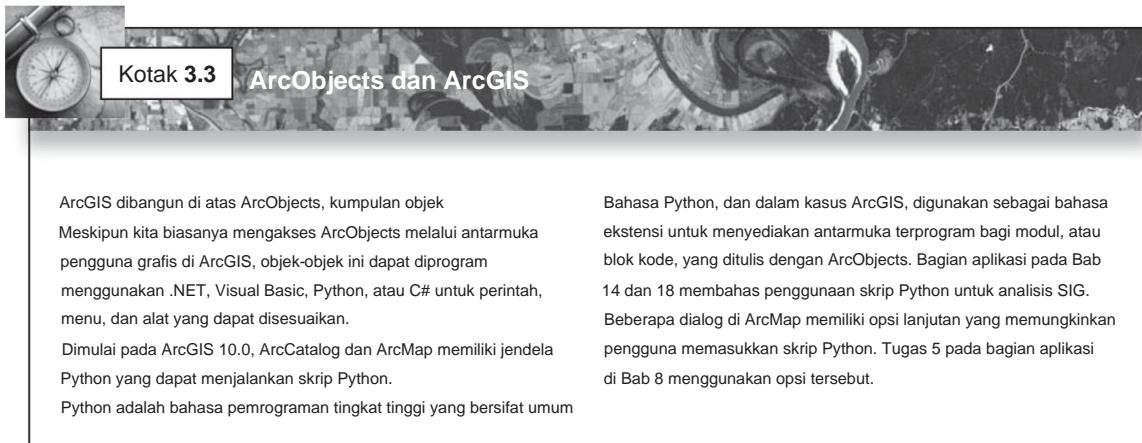
Objek Geodataset mendukung **IGeodataset**, dan objek Envelope mendukung **IEnvelope**. Lihat teks untuk penjelasan tentang cara menggunakan antarmuka untuk mendapatkan luas area dari lapisan fitur.

Gambar 3.14 menunjukkan bagaimana dua antarmuka dapat digunakan untuk mendapatkan luas area dari sebuah lapisan fitur, yang merupakan jenis Geodataset. Pertama, Luas Properti ini diakses melalui antarmuka **IGeodataset** yang didukung oleh objek Geodataset, yang dalam hal ini merupakan lapisan fitur. Properti **Extent** mengembalikan Envelope objek, yang mengimplementasikan antarmuka **IEnvelope**. Luas area kemudian dapat diperoleh dengan mengakses properti **XMin**, **XMax**, **YMin**, dan **YMax** pada antarmuka.

3.4.3 Geodatabase

Geodatabase, sebuah contoh model data vektor berbasis objek, merupakan bagian dari **ArcObjects** yang dikembangkan oleh Esri sebagai fondasi ArcGIS (Zeiler 2001; Ungerer dan Goodchild 2002). ArcObjects terdiri dari ribuan objek dan kelas. Sebagian besar pengguna ArcGIS tidak perlu berurusan langsung dengan ArcObjects, karena menu, ikon, dan dialog telah dikembangkan oleh Esri untuk mengakses objek di ArcObjects beserta properti dan metodenya.

Kotak 3.3 menjelaskan situasi di mana ArcObjects mungkin ditemui saat bekerja dengan operasi rutin di ArcGIS.



Kotak 3.3 ArcObjects dan ArcGIS

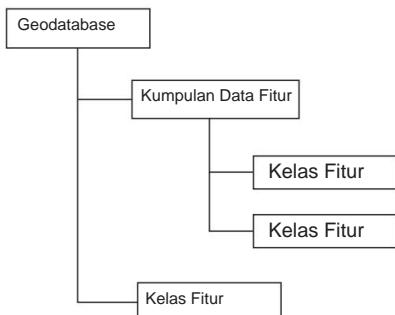
ArcGIS dibangun di atas ArcObjects, kumpulan objek. Meskipun kita biasanya mengakses ArcObjects melalui antarmuka pengguna grafis di ArcGIS, objek-objek ini dapat diprogram menggunakan .NET, Visual Basic, Python, atau C# untuk perintah, menu, dan alat yang dapat disesuaikan. Dimulai pada ArcGIS 10.0, ArcCatalog dan ArcMap memiliki jendela Python yang dapat menjalankan skrip Python. Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang bersifat umum

Bahasa Python, dan dalam kasus ArcGIS, digunakan sebagai bahasa ekstensi untuk menyediakan antarmuka terprogram bagi modul, atau blok kode, yang ditulis dengan ArcObjects. Bagian aplikasi pada Bab 14 dan 18 membahas penggunaan skrip Python untuk analisis SIG. Beberapa dialog di ArcMap memiliki opsi lanjutan yang memungkinkan pengguna memasukkan skrip Python. Tugas 5 pada bagian aplikasi di Bab 8 menggunakan opsi tersebut.

Seperti halnya shapefile, geodatabase menggunakan titik, polilines, dan poligon untuk merepresentasikan fitur spasial berbasis vektor (Zeiler 1999). Fitur titik dapat berupa fitur sederhana dengan satu titik atau fitur multtititik dengan sekumpulan titik. Fitur polilines adalah sekumpulan segmen garis yang mungkin terhubung atau tidak. Fitur poligon terdiri dari satu atau banyak cincin. Cincin adalah sekumpulan segmen garis yang terhubung, tertutup, dan tidak berpotongan. Geodatabase juga serupa dengan cakupan fitur sederhana, tetapi keduanya berbeda dalam fitur komposit wilayah dan rute (Bagian 3.5).

Geodatabase mengatur kumpulan data vektor ke dalam kelas fitur dan kumpulan data fitur (Gambar 3.15).

Kelas fitur menyimpan fitur spasial yang sama



Gambar 3.15

Dalam geodatabase, kelas fitur dapat berupa kelas fitur yang berdiri sendiri atau anggota suatu kumpulan data fitur.

Jenis geometri. **Set data fitur** menyimpan kelas fitur yang memiliki sistem koordinat dan luas area yang sama. Misalnya, kelas fitur dapat mewakili kelompok blok, dan set data fitur dapat terdiri dari kelompok blok, wilayah sensus, dan kabupaten untuk wilayah studi yang sama. Kelas fitur dalam set data fitur sering kali memiliki hubungan topologi satu sama lain, seperti batas yang berhimpitan antara berbagai tingkat unit sensus.

Jika kelas fitur berada dalam geodatabase tetapi bukan bagian dari kumpulan data fitur, maka kelas tersebut disebut mandiri kelas fitur. Selain kelas fitur, geodatabase juga dapat menyimpan data raster, jaringan tak beraturan triangulasi (TIN, Bagian 3.5.1), data lokasi, dan tabel atribut.

Geodatabase dapat dirancang untuk satu atau beberapa pengguna. Basis data pengguna tunggal dapat berupa geodatabase pribadi atau geodatabase berkas. Geodatabase pribadi menyimpan data sebagai tabel dalam basis data Microsoft Access. Di sisi lain, geodatabase berkas menyimpan data dalam banyak berkas biner berukuran kecil dalam sebuah folder. Tidak seperti geodatabase pribadi, geodatabase berkas tidak memiliki batasan ukuran basis data secara keseluruhan (berbeda dengan batasan 2 GB untuk geodatabase pribadi) dan dapat bekerja di berbagai platform (misalnya, Windows maupun Linux). Esri juga mengklaim bahwa, karena banyaknya berkas berukuran kecil, geodatabase berkas dapat memberikan kinerja yang lebih baik daripada geodatabase pribadi dalam akses data. Geodatabase multipengguna atau ArcSDE menyimpan data dalam



Di dalam Di masa lalu, produsen data SIG harus memutuskan apakah akan memasukkan topologi ke dalam data mereka atau tidak. Salah satu pilihannya adalah menyediakan produk peta topologi dan non-topologi. Misalnya, Ordnance Survey di Inggris Raya dulu menawarkan MasterMap dengan data poligon independen (non-topologi) atau topologi (Regnault dan Mackaness 2006). Kini, produsen data SIG harus membuat keputusan lain terkait

Topologi. Mereka dapat menggunakan topologi persisten atau on-the-fly (Galdi 2005). Topologi persisten berlaku untuk data seperti data TIGER yang terstruktur berdasarkan prinsip-prinsip topologi sehingga hubungan topologi disimpan dan tersedia secara persisten dalam basis data. Topologi on-the-fly berlaku untuk data seperti geodatabase yang dapat mengimplementasikan hubungan topologi kapan pun dibutuhkan.

sistem manajemen basis data seperti Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2, atau Informix.

3.4.4 Aturan Topologi

Model data berbasis objek tidak hanya mengubah konsep dan struktur data vektor, tetapi juga bagaimana hubungan topologi antar fitur diatur dan disimpan. Geodatabase mendefinisikan topologi sebagai aturan hubungan dan memungkinkan pengguna memilih aturan, jika ada, yang akan diimplementasikan dalam kumpulan data fitur. Dengan kata lain, geodatabase menawarkan topologi instan, yang secara konseptual berbeda dari hubungan topologi bawaan dalam cakupan atau basis data TIGER (Kotak 3.4).

Jumlah hubungan topologi antar fitur juga meningkat dari tiga untuk cakupan menjadi lebih dari 30 untuk geodatabase. Tabel 3.1 menunjukkan aturan topologi berdasarkan jenis fitur di ArcGIS 10.5.

Beberapa aturan berlaku untuk fitur dalam satu kelas fitur, sementara aturan lainnya berlaku untuk dua atau lebih kelas fitur yang berpartisipasi. Aturan yang diterapkan pada geometri kelas fitur secara fungsional serupa dengan topologi bawaan untuk cakupannya, tetapi aturan yang diterapkan pada dua atau lebih kelas fitur merupakan aturan baru dalam geodatabase.

Berikut ini adalah beberapa aplikasi aturan topologi di dunia nyata:

- Wilayah tidak boleh tumpang tindih.
- Daerah tidak boleh memiliki kesenjangan.

TABEL 3.1 Aturan Topologi dalam Geodatabase

Jenis Fitur	Aturan
Polygon	Harus lebih besar dari toleransi klaster, tidak boleh tumpang tindih, tidak boleh memiliki celah, tidak boleh tumpang tindih dengan, harus dicakup oleh kelas fitur, harus saling menutupi, harus dicakup oleh, batas harus dicakup oleh, batas area harus dicakup oleh batas, berisi titik, dan berisi satu titik
Garis	Harus lebih besar dari toleransi klaster, tidak boleh tumpang tindih, tidak boleh berpotongan, tidak boleh berpotongan dengan, tidak boleh menggantung, tidak boleh memiliki pseudo-node, tidak boleh berpotongan atau menyentuh interior, tidak boleh berpotongan atau menyentuh interior dengan, tidak boleh tumpang tindih dengan, harus ditutup oleh kelas fitur, harus ditutup oleh batas, harus berada di dalam, titik akhir harus ditutup oleh, tidak boleh tumpang tindih sendiri, tidak boleh berpotongan sendiri, dan harus menjadi bagian tunggal
Titik	Harus bertepatan dengan, harus terpisah, harus tertutup oleh batas, harus berada tepat di dalam poligon, harus tertutup oleh titik akhir, dan harus tertutup oleh garis

- Batas wilayah kabupaten tidak boleh ada yang menggantung (yaitu, harus ditutup).
- Sensus wilayah dan kabupaten harus mencakup setiap lainnya.
- Distrik pemungutan suara harus mencakup wilayah kabupaten.
- Garis kontur tidak boleh berpotongan.
- Rute antarnegara harus dicakup oleh fitur kelas garis referensi (misalnya, kelas fitur jalan).
- Penanda mil harus ditutupi oleh garis referensi (misalnya, kelas fitur jalan).
- Titik label harus berada tepat di dalam poligon.

Beberapa aturan dalam daftar seperti tidak boleh ada celah, tidak boleh tumpang tindih, dan tidak boleh menggantung bersifat umum dan mungkin dapat diterapkan ke banyak kelas fitur poligon. Beberapa aturan, seperti hubungan antara penanda mil dan garis referensi, khusus untuk aplikasi transportasi. Contoh aturan topologi yang telah diusulkan untuk model data dari berbagai disiplin ilmu tersedia di situs web Esri (<http://support.esri.com/datamodels>). Beberapa aturan topologi yang dibahas di bagian ini digunakan di Bab 7 untuk mengoreksi kesalahan dalam data spasial.

berkinerja lebih baik daripada shapefile dan geodatabase untuk beberapa penanganan data spasial (Batcheller, Gittings, dan Dowers 2007). Namun, geodatabase memiliki beberapa keunggulan, seperti yang dibahas dalam paragraf berikut.

Pertama, struktur hierarki geodatabase berguna untuk organisasi dan manajemen data (Gustavsson, Seijmonsbergen, dan Kolstrup 2007). Misalnya, jika sebuah proyek melibatkan dua area studi, dua set data fitur dapat digunakan untuk menyimpan kelas fitur untuk setiap area studi. Hal ini menyederhanakan operasi manajemen data seperti salin dan hapus (misalnya, menyalin set data fitur termasuk kelas fiturnya, alih-alih menyalin kelas fitur individual). Selain itu, setiap data baru yang dibuat melalui kueri dan analisis data dalam proyek akan secara otomatis didefinisikan dengan sistem koordinat yang sama dengan set data fitur, sehingga menghemat waktu yang diperlukan untuk mendefinisikan sistem koordinat setiap kelas fitur baru. Lembaga pemerintah telah memanfaatkan struktur hierarki geodatabase ini untuk pengiriman data. Program National Hydrography Dataset (NHD), misalnya, mendistribusikan data dalam dua set data fitur, satu untuk hidrografi dan yang lainnya untuk unit hidrologi (Kotak 3.5) (<http://nhd.usgs.gov/data>

3.4.5 Keuntungan Geodatabase

ArcGIS dapat menggunakan cakupan, shapefile, dan geodatabase. ArcGIS juga dapat mengekspor atau mengimpor dari satu format data ke format data lainnya. Sebuah studi menunjukkan bahwa, dalam lingkungan pengguna tunggal, cakupan sebenarnya

.html). Program ini mengklaim bahwa geodatabase lebih baik daripada cakupan untuk akses dan kueri data berbasis web serta untuk pengunduhan data. Peta Nasional, sebuah program kolaborasi antara



Kotak 3.5 **NHDinGEO**

Kumpulan Data Hidrografi Nasional (NHD)

Program yang digunakan untuk menawarkan data dalam cakupan, disebut NHDinARC, yang mengorganisasikan data poligon seperti area genangan dan danau dalam subkelas wilayah, dan data garis seperti sungai dan anak sungai dalam subkelas rute (Bagian 3.5.3). Program NHD telah menggantikan NHDinARC dengan NHDinGEO. Berdasarkan geodatabase, NHDinGEO mengorganisasikan data dalam kumpulan data fitur, kelas fitur, tabel, dan kelas relasi.

Dataset fitur hidrografi mencakup kelas fitur titik (misalnya, stasiun pengukur), garis (misalnya, sungai), dan poligon (misalnya, danau) untuk aplikasi jangkauan sungai. Dataset fitur unit hidrologi terdiri dari kelas fitur hierarkis DAS, region, sub-DAS, sub-region, sub-DAS, dan DAS untuk analisis DAS. Oleh karena itu, geodatabase memungkinkan NHDin-GEO untuk menyediakan lebih banyak data dengan cara yang lebih sistematis daripada NHDinARC.

USGS dan lembaga federal, negara bagian, dan lokal lainnya, mendistribusikan sebagian besar data vektor dalam format geodatabase dan shapefile (<http://nationalmap.gov/>).

Kedua, geodatabase, yang merupakan bagian dari ArcObjects, dapat memanfaatkan teknologi berorientasi objek. Misalnya, ArcGIS menyediakan empat aturan validasi umum: domain atribut, aturan relasi, aturan konektivitas, dan aturan kustom (Zeiler 1999). Domain atribut mengelompokkan objek ke dalam subtipe berdasarkan rentang nilai yang valid atau serangkaian nilai yang valid untuk suatu atribut. Aturan relasi seperti aturan topologi mengatur objek yang terkait. Aturan konektivitas memungkinkan pengguna membangun jaringan geometris seperti sungai, jalan, dan utilitas air dan listrik. Aturan kustom memungkinkan pengguna membuat fitur kustom untuk aplikasi tingkat lanjut. Tidak tersedia untuk shapefile atau cakupan, aturan validasi ini berguna untuk aplikasi tertentu.

Ketiga, geodatabase menawarkan topologi on-the-fly, yang berlaku untuk fitur dalam kelas fitur atau antara dua atau lebih kelas fitur yang berpartisipasi. Sebagaimana dibahas di Bagian 3.2.2, topologi dapat memastikan integritas data dan dapat meningkatkan jenis analisis data tertentu. Topologi on-the-fly menawarkan pilihan kepada pengguna dan memungkinkan mereka memutuskan aturan topologi mana, jika ada, yang diperlukan untuk proyek mereka.

Keempat, ribuan objek, properti, dan metode di ArcObjects tersedia bagi pengguna SIG untuk mengembangkan aplikasi yang dikustomisasi. Aplikasi yang dikustomisasi melalui skrip Python, misalnya, dapat mengurangi jumlah pekerjaan berulang (misalnya, mendefinisikan dan memproyeksikan sistem koordinat setiap set data dalam suatu proyek), menyederhanakan alur kerja (misalnya, menggabungkan pendefinisan dan proyeksi sistem koordinat menjadi satu langkah), dan bahkan menghasilkan fungsionalitas yang tidak mudah tersedia di ArcGIS. ArcObjects juga menyediakan templat untuk objek kustom yang akan dikembangkan untuk berbagai industri dan aplikasi. Setiap objek di dunia nyata memiliki properti dan perilaku yang berbeda. Oleh karena itu, mustahil untuk menerapkan, misalnya, properti dan metode objek terkait transportasi ke objek terkait kehutanan. Hingga tahun 2016, 35 model data spesifik industri telah dipublikasikan di situs web Esri (<http://support.esri.com/datamodels>).

Terakhir, integrasi data spasial dan atribut dalam geodatabase memfasilitasi tugas-tugas kueri spasial, seperti menemukan kota-kota yang berpotongan dengan Sungai Mississippi dan berpenduduk setengah juta jiwa atau lebih. Kueri tersebut tidak perlu didekomposisi menjadi bagian spasial dan non-spasial sebagaimana disyaratkan oleh model data georelasional.

3.5 REPRESENTASI FITUR KOMPOSIT

Beberapa fitur spasial lebih baik direpresentasikan sebagai komposit titik, garis, dan poligon untuk aplikasinya. Contoh fitur komposit adalah TIN, wilayah, dan rute. Struktur data fitur komposit ini bervariasi di antara cakupan, shapefile, dan geodatabase.

3.5.1 NPWP

Jaringan **tak beraturan triangulasi (TIN)** mengaproksimasi medan dengan serangkaian segitiga yang tidak tumpang tindih (Gambar 3.16). Setiap segitiga dalam TIN mengasumsikan gradien konstan. Area datar pada permukaan tanah memiliki segitiga yang lebih sedikit tetapi lebih besar, sementara area dengan variabilitas elevasi yang lebih tinggi memiliki segitiga yang lebih rapat tetapi lebih kecil. TIN umumnya digunakan untuk pemetaan dan analisis medan, terutama untuk tampilan 3-D (Bab 13).



Gambar 3.16

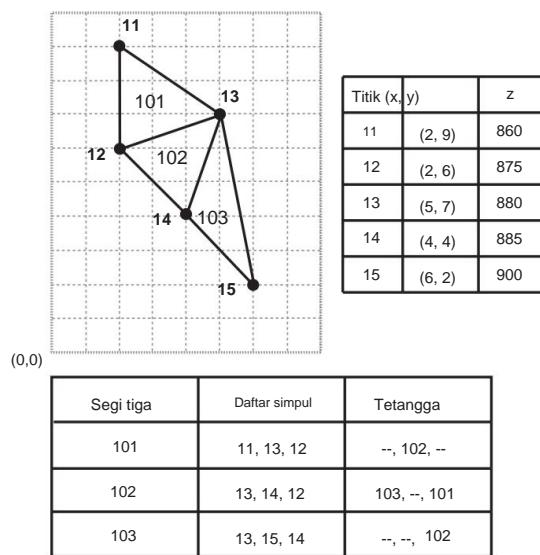
TIN menggunakan serangkaian segitiga yang tidak tumpang tindih untuk mengaproksimasikan medan. Setiap segitiga adalah poligon, setiap simpul segitiga adalah titik, dan setiap sisi segitiga adalah garis.

Input untuk TIN mencakup fitur titik, garis, dan poligon. TIN awal dapat dibangun dari titik elevasi dan garis kontur. Aproksimasi permukaannya kemudian dapat ditingkatkan dengan menggabungkan fitur garis seperti sungai, garis punggung bukit, dan jalan, serta fitur poligon seperti danau dan waduk. TIN yang telah selesai terdiri dari tiga jenis objek geometris: poligon (segitiga), titik (simpul), dan garis (tepi). Oleh karena itu, struktur datanya mencakup nomor segitiga, nomor setiap segitiga yang berdekatan, dan berkas data yang menunjukkan daftar titik, tepi, serta nilai x, y, dan z dari setiap titik elevasi (Gambar 3.17).

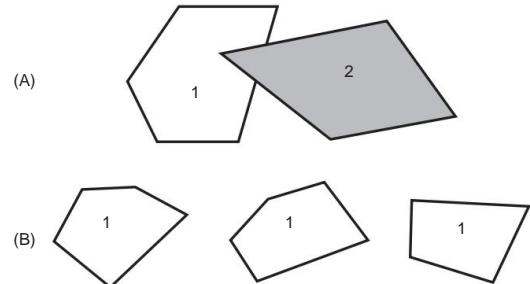
Esri telah memperkenalkan format data medan dengan geodatabase, yang dapat menyimpan titik elevasi beserta kelas fitur garis dan poligon dalam sebuah set data fitur. Dengan menggunakan set data fitur dan isinya, pengguna dapat membuat TIN secara langsung. Format data medan memudahkan proses penyusunan TIN tetapi tidak mengubah struktur data dasar TIN.

3.5.2 Wilayah

Wilayah adalah sekumpulan wilayah geografis dengan karakteristik yang serupa (Cleland et al. 1997). Misalnya,



Gambar 3.17
Struktur data TIN.



Gambar 3.18

Subkelas wilayah memperbolehkan wilayah yang saling tumpang tindih (a) dan poligon yang terpisah secara spasial di wilayah (b).

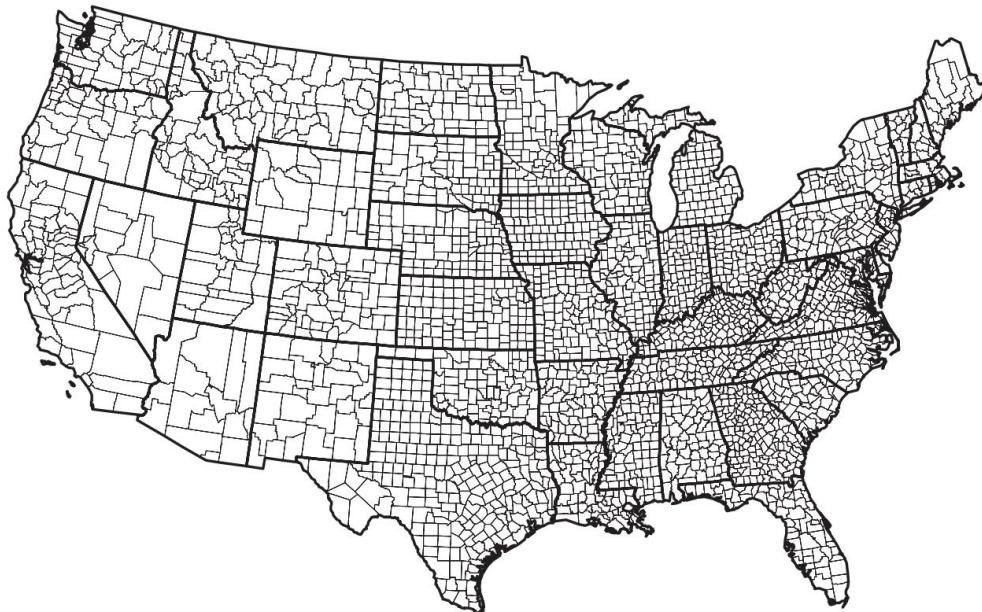
Wilayah dapat mewakili area yang terbakar oleh kebakaran hutan pada tahun yang sama. Jika peta kebakaran hutan disusun menggunakan konsep wilayah, peta tersebut akan memiliki dua ciri pembeda. Pertama, dua wilayah atau lebih dapat mencakup atau tumpang tindih dengan area yang sama yang terbakar oleh kebakaran pada tahun yang berbeda (Gambar 3.18a). Kedua, suatu wilayah dapat mencakup area yang terpisah secara spasial (Gambar 3.18b).

Mirip dengan peta kebakaran hutan, peta unit sensus hierarkis yang menunjukkan negara bagian dan kabupaten juga dapat didasarkan pada kawasan, dengan negara bagian diwakili oleh satu kawasan dan kabupaten oleh kawasan lain (Gambar 3.19).

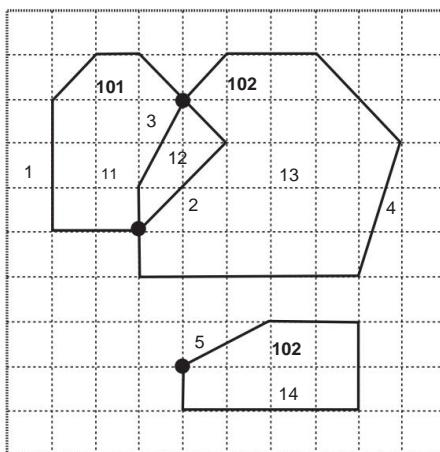
Karena cakupan poligon sederhana tidak dapat menangani karakteristik wilayah, wilayah-wilayah tersebut disusun sebagai subkelas dalam cakupan poligon dan, melalui berkas data tambahan, wilayah-wilayah tersebut dihubungkan dengan poligon dan busur yang mendasarinya. Gambar 3.20 menunjukkan struktur berkas untuk dua wilayah, empat poligon, dan lima busur. Daftar wilayah-poligon menghubungkan wilayah-wilayah tersebut dengan poligon. Wilayah 101 terdiri dari poligon 11 dan 12. Wilayah 102 memiliki dua komponen: satu mencakup poligon 12 dan 13 yang bersambung secara spasial, dan yang lainnya mencakup poligon 14 yang terpisah secara spasial.

Wilayah 101 tumpang tindih dengan wilayah 102 pada poligon 12. Daftar busur wilayah menghubungkan wilayah-wilayah tersebut ke busur-busurnya. Wilayah 101 hanya memiliki satu cincin yang menghubungkan busur 1 dan 2. Wilayah 102 memiliki dua cincin, satu menghubungkan busur 3 dan 4, dan yang lainnya terdiri dari busur 5.

Sebelum geodatabase tersedia, banyak instansi pemerintah menggunakan subkelas wilayah untuk membuat dan menyimpan lapisan data tambahan untuk distribusi. Geodatabase tidak mendukung wilayah.

**Gambar 3.19**

Hirarki daerah dan negara bagian di Amerika Serikat yang berbatasan.



Daftar poligon wilayah

Wilayah #	Poligon #	101	11
101		12	
102		12	
102		13	
102		14	

Daftar wilayah-busur

Wilayah #	Cincin #	Busur #
101	1	1
101	1	2
102	1	3
102	1	4
102	2	5

Gambar 3.20

Struktur data subkelas wilayah.

subkelas dalam struktur datanya, tetapi memungkinkan poligon multi-bagian, yang dapat memiliki bagian-bagian yang terhubung secara spasial atau terpisah dan dapat saling tumpang tindih. Oleh karena itu, poligon multi-bagian dapat merepresentasikan fitur spasial seperti wilayah. Kotak 3.5 membandingkan NHDinGEO, kumpulan Data Hidrografi Nasional dalam basis geodata, dengan NHDinARC, kumpulan data hidrografi yang sama dalam cakupan.

3.5.3 Rute

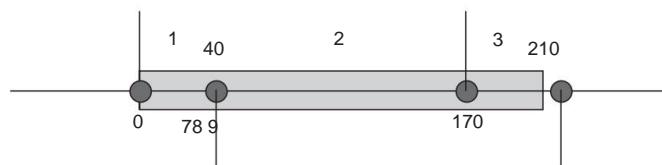
Rute adalah fitur linear seperti jalan raya, jalur sepeda, atau sungai. Namun, tidak seperti fitur linear lainnya, rute memiliki sistem pengukuran yang memungkinkan pengukuran linear digunakan pada sistem koordinat yang diproyeksikan. Dinas perhubungan biasanya menggunakan pengukuran linear dari titik-titik yang diketahui seperti awal jalan raya, penanda mil, atau persimpangan jalan untuk menemukan lokasi kecelakaan, jembatan, dan kondisi perkerasan di sepanjang jalan. Dinas sumber daya alam juga menggunakan pengukuran linear untuk mencatat data kualitas air dan kondisi perikanan di sepanjang sungai.

Atribut linear ini, yang disebut **peristiwa**, harus dikaitkan dengan rute sehingga dapat ditampilkan dan dianalisis dengan fitur spasial lainnya.

Rute disimpan sebagai subkelas dalam cakupan garis, mirip dengan subkelas wilayah dalam cakupan poligon. Subkelas rute adalah kumpulan bagian.

Bagian mengacu langsung ke garis (yaitu, busur) dalam cakupan garis dan posisi di sepanjang garis. Karena garis adalah serangkaian koordinat x, y berdasarkan sistem koordinat, ini berarti bahwa bagian juga diukur dalam koordinat dan panjangnya dapat diturunkan dari garis referensinya. Gambar 3.21 menunjukkan rute (ID-Rute = 1) dalam garis berarsir tebal yang dibangun di atas cakupan garis. Rute tersebut memiliki tiga bagian, dan tabel bagian menghubungkannya dengan busur dalam cakupan garis.

Bagian 1 (ID-Bagian = 1) mencakup seluruh panjang busur 7; oleh karena itu, ia memiliki posisi dari (F-POS) sebesar 0 persen dan posisi ke (T-POS) sebesar 100 persen. Bagian 1 juga memiliki ukuran dari (F-MEAS) sebesar 0 (titik awal rute) dan ukuran ke (T-MEAS) sebesar 40 unit yang diukur dari cakupan garis. Bagian 2 mencakup seluruh panjang busur 8 sepanjang 130 satuan. Jarak dari dan ke satuan merupakan lanjutan dari bagian 1. Bagian 3 mencakup 80 persen busur 9; dengan demikian, terdapat jarak ke satuan sebesar 80 persen dan jarak ke satuan yang merupakan jarak darinya ditambah 80 persen panjang busur 9 (80% dari 50, atau 40, satuan).



Rute-ID	Bagian-ID	Busur-ID	F-PENGUKURAN	T-PENGUKURAN	F-POS	T-POS
1	1	7	0	40	0	100
1	2	8	40	170	0	100
1	3	9	170	210	0	80

Gambar 3.21

Struktur data subkelas rute.

Menggabungkan ketiga bagian, rute tersebut memiliki panjang total 210 unit ($40 + 130 + 40$).

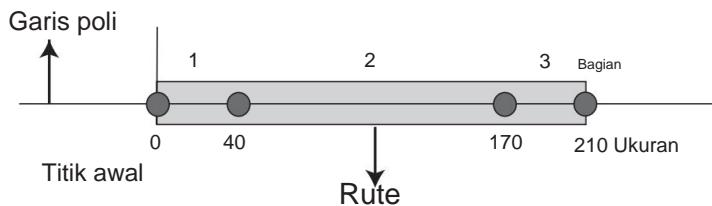
Baik shapefile maupun geodatabase menggunakan polyline dengan nilai m (ukuran) untuk menggantikan subkelas rute bagi aplikasi SIG. Alih-alih bekerja melalui penampang dan busur, keduanya menggunakan nilai m untuk pengukuran linear di sepanjang rute dan menyimpan nilai m secara langsung dengan koordinat x dan y di bidang geometri (Gambar 3.22). Jenis objek rute ini disebut objek lokasi dinamis rute (Sutton dan Wyman 2000). Gambar 3.23 menunjukkan contoh rute dalam geodatabase. Bidang pengukuran secara langsung mencatat 0, 40, 170, dan 210 di sepanjang rute. Pengukuran ini didasarkan pada

	x	km	M
0	1.135.149	1.148.350	47.840
1	1.135.304	1.148.310	47.870
2	1.135.522	1.148.218	47.915

Gambar 3.22

Ukuran linear (m) suatu rute disimpan dengan koordinat x dan y dalam geodatabase. Dalam contoh ini, m Nilainya dalam mil, sedangkan koordinat x dan y dalam kaki.

titik awal yang telah ditentukan, titik akhir di sebelah kiri dalam kasus ini.



Gambar 3.23

Rute, yang ditunjukkan di sini sebagai garis abu-abu yang lebih tebal, dibangun pada polyline dengan ukuran linear dalam geodatabase.

KONSEP DAN ISTILAH UTAMA

Busur: Garis berarah dengan dua titik ujung, disebut juga tepi.

ArcObjects: Kumpulan objek yang digunakan oleh ArcGIS.

Definisi area: Hubungan topologi yang digunakan dalam format data cakupan Esri, yang menetapkan bahwa suatu area didefinisikan oleh serangkaian busur yang terhubung.

Kelas: Seperangkat objek dengan karakteristik serupa.

Konektivitas: Hubungan topologi yang digunakan dalam format data cakupan Esri, yang menetapkan bahwa busur terhubung satu sama lain di node.

Kontiguitas: Hubungan topologi yang digunakan dalam format data cakupan Esri, yang menetapkan bahwa busur memiliki arah dan poligon kiri dan kanan.

Cakupan: Format data vektor topologi yang digunakan dalam produk Esri.

Enkapsulasi: Prinsip yang digunakan dalam teknologi berorientasi objek untuk menyembunyikan properti dan metode suatu objek sehingga objek tersebut hanya dapat diakses melalui antarmuka yang telah ditentukan sebelumnya.

Peristiwa: Atribut yang dapat dikaitkan dan ditampilkan dengan rute.

Wajah: Sebuah poligon yang dibatasi oleh busur

Kelas fitur: Kumpulan data yang menyimpan fitur dengan tipe geometri yang sama dalam geodatabase.

Kumpulan data fitur: Kumpulan kelas fitur dalam geodatabase yang berbagi sistem koordinat dan luas area yang sama.

Geodatabase: Model data vektor berbasis objek yang dikembangkan oleh Esri.

Model data georelasional: Model data SIG yang menyimpan geometri dan atribut dalam dua sistem berkas terpisah tetapi terkait.

Antarmuka: Seperangkat operasi yang terlihat secara eksternal dari suatu objek.

Garis: Fitur spasial yang diwakili oleh serangkaian titik dan memiliki sifat geometris lokasi dan panjang.

Metode: Tindakan spesifik yang dapat dilakukan suatu objek.

Node: Titik awal atau akhir suatu tepi.

Objek: Entitas seperti lapisan fitur yang memiliki serangkaian properti dan metode.

Model data berbasis objek: Model data vektor yang menggunakan objek untuk mengatur data spasial.

Titik: Fitur spasial yang diwakili oleh sepasang koordinat dan hanya memiliki sifat geometris lokasi.

Polygon: Fitur spasial yang diwakili oleh serangkaian garis dan memiliki sifat geometris lokasi, ukuran, dan keliling.

Properti: Atribut atau karakteristik suatu objek.

Wilayah: Seperangkat wilayah geografis dengan karakteristik serupa.

Rute: Fitur linier yang memungkinkan pengukuran linier digunakan pada sistem koordinat yang diproyeksikan.

Bagian: Bagian dari rute yang merujuk langsung ke busur yang mendasarinya dan posisi sepanjang busur dalam suatu cakupan.

Shapefile: Format data vektor nontopologi yang digunakan dalam produk Esri.

Topologi: Subbidang matematika yang mempelajari sifat-sifat invarian objek geometris di bawah transformasi tertentu seperti pembengkokaan atau peregangan.

Jaringan tak beraturan segitiga (TIN): Format data vektor yang memperkirakan medan dengan serangkaian segitiga yang tidak tumpang tindih.

Model data vektor: Model data yang menggunakan titik dan koordinat x dan y untuk membangun fitur spasial.

Disebut juga model objek diskrit.

PERTANYAAN ULASAN

1. Cari di Google pusat data GIS untuk negara bagian Anda. Kunjungi situs web pusat data tersebut. Format data apa saja yang digunakan situs web tersebut untuk menyajikan data vektor?
2. Sebutkan tiga jenis fitur sederhana yang digunakan dalam SIG dan sifat geometrisnya.
3. Gambarkan cakupan aliran sungai dan tunjukkan bagaimana hubungan topologi koneksi dan kesinambungan dapat diterapkan pada cakupan.
4. Berapa banyak busur yang terhubung pada simpul 12 pada Gambar 3.10?
5. Misalkan busur (busur 8) ditambahkan ke Gambar 3.11 dari simpul 13 ke simpul 11. Tuliskan poligon/daftar busur untuk poligon baru dan daftar kiri/kanan untuk busur 8.
6. Jelaskan pentingnya topologi dalam SIG.
7. Apa keuntungan utama menggunakan shapefile?
8. Jelaskan perbedaan antara model data georelasional dan model data berbasis objek.
9. Jelaskan perbedaan antara geodata-dasar dan cakupan dalam hal representasi geometris fitur spasial.
10. Jelaskan hubungan antara geodata-base, kumpulan fitur, dan kelas fitur.
11. Dataset fitur berguna untuk manajemen data. Dapatkah Anda memikirkan contoh di mana Anda ingin mengatur data berdasarkan kumpulan fitur?

66 BAB 3 Model Data Vektor

12. Jelaskan perbedaan antara geodatabase pribadi dan geodatabase file.
13. Apa itu ArcObjects?
14. Berikan contoh suatu objek dari disiplin ilmu Anda dan sarankan jenis properti dan metode yang dapat dimiliki objek tersebut.
15. Apa itu antarmuka?
16. Tabel 3.1 menunjukkan "tidak boleh tumpang tindih" sebagai aturan topologi untuk fitur poligon. Berikan contoh dari disiplin ilmu Anda yang dapat memperoleh manfaat dari penerapan aturan topologi ini.
17. "Tidak boleh berpotongan" adalah aturan topologi untuk fitur garis. Berikan contoh dari aturan Anda.
18. Teks tersebut membahas beberapa keuntungan Mengadopsi geodatabase. Bisakah Anda memikirkan contoh di mana Anda lebih menyukai geodatabase daripada cakupan untuk proyek SIG?
19. Bandingkan Gambar 3.21 dengan Gambar 3.23, dan jelaskan perbedaan antara geodatabase dan cakupan dalam menangani struktur data rute.
20. Gambarlah sebuah TIN kecil untuk mengilustrasikan bahwa itu adalah sebuah komposisi fitur sederhana.

APLIKASI: MODEL DATA VEKTOR



Dirancang untuk memberi Anda gambaran umum tentang berbagai jenis data vektor, bagian aplikasi ini terdiri dari enam tugas. Pada Tugas 1, Anda akan mengonversi cakupan menjadi shapefile dan memeriksa struktur data cakupan dan shapefile tersebut. Pada Tugas 2, Anda akan bekerja dengan elemen-elemen dasar geodatabase berkas. Tugas 3 menunjukkan cara memperbarui nilai luas dan keliling dari sebuah shapefile poligon dengan mengonversinya menjadi kelas fitur geodatabase personal. Pada Tugas 4, Anda akan melihat rute dalam bentuk polilines dengan nilai m. Pada Tugas 5, Anda akan melihat region dan subkelas rute yang berada dalam cakupan hidrografi. Tugas 6 memungkinkan Anda melihat TIN di ArcCatalog dan ArcMap.

Tugas 1 Periksa Struktur File Data

Cakupan dan Shapefile

Yang Anda butuhkan: tanah, cakupan.

Pada Tugas 1, Anda akan melihat lapisan data (kelas fitur) yang terkait dengan suatu cakupan di ArcCatalog dan memeriksa strukturnya. Kemudian, Anda akan mengonversi cakupan tersebut menjadi sebuah shapefile dan memeriksa strukturnya.

1. Buka ArcCatalog, lalu akses database Bab 3. Klik tanda plus untuk memperluas

Cakupan lahan di pohon Katalog. Cakupan tersebut berisi empat kelas fitur: busur, label, poligon, dan tik. Sorot kelas fitur. Pada tab Pratinjau, Anda dapat melihat pratinjau Geografi atau Tabel kelas fitur. busur menunjukkan garis (busur); label, titik label, satu untuk setiap poligon; poligon, poligon; dan tik, tik atau titik kontrol di lahan. Perhatikan bahwa simbol untuk keempat kelas fitur sesuai dengan jenis fiturnya.

2. Klik kanan pada pohon Katalog dan pilih Properti. Dialog Properti Cakupan memiliki dua tab: Umum, serta Proyeksi dan Jangkauan. Tab Umum menampilkan keberadaan topologi untuk kelas fitur poligon. Tab Proyeksi dan Luas menampilkan sistem koordinat yang tidak diketahui dan luas area cakupan.
3. Klik kanan poligon tanah dan pilih Properti. Dialog Properti Kelas Fitur Cakupan memiliki tab Umum dan Item. Tab Umum menampilkan 76 poligon. Tab Item menjelaskan item atau atribut dalam tabel atribut.
4. File data yang terkait dengan tanah berada dalam dua folder di database Bab 3: tanah dan

info. Folder lahan berisi berkas data busur (.adf). Beberapa berkas grafik ini dapat dikenali dari namanya, seperti arc.adf untuk daftar koordinat busur dan pal.adf untuk daftar poligon/busur. Folder info, yang digunakan bersama oleh cakupan lain di ruang kerja yang sama, berisi berkas data atribut arcxxxx.dat dan arcxxxx.nit. Semua berkas di kedua folder tersebut merupakan berkas biner dan tidak dapat dibaca.

5. Langkah ini mengubah lahan menjadi shapefile poligon. Klik ArcToolbox untuk membukanya. Klik dua kali alat Kelas Fitur ke Shapefile (multiple) di set alat Alat Konversi/Ke Shapefile. Dalam dialog, masukkan kelas fitur poligon tanah untuk fitur masukan dan pilih basis data Bab 3 untuk folder keluaran. Klik OK. Operasi konversi ini akan membuat land_polygon.shp dan menambahkan shapefile ke dalam basis data. Anda dapat mengklik kanan basis data dan memilih Refresh untuk melihat shapefile tersebut.
6. Klik kanan land_polygon.shp di pohon Katalog dan pilih Properti. Dialog Properti Shapefile memiliki tab Umum, Sistem Koordinat XY, Bidang, Indeks, dan Luas Fitur. Tab Sistem Koordinat XY menampilkan sistem koordinat yang tidak diketahui. Tab Bidang menjelaskan bidang atau atribut dalam shapefile. Tab Indeks menampilkan bahwa shapefile memiliki indeks spasial, yang dapat meningkatkan kecepatan penggambaran dan kueri data. Dan tab Luas Fitur mencantumkan nilai koordinat minimum dan maksimum shapefile.
7. Shapefile land_polygon dikaitkan dengan sejumlah berkas data dalam basis data Bab 3. Di antara berkas-berkas ini, land_polygon.shp adalah berkas bentuk (geometri), land_polygon.dbf adalah berkas data atribut dalam format dBASE, dan land_polygon.shx adalah berkas indeks spasial. Shapefile adalah contoh model data georelasional, yang memiliki file terpisah untuk menyimpan geometri dan atribut.

- Q1.** Jelaskan dengan kata-kata Anda sendiri perbedaan antara coverage dan shapefile dalam hal struktur data.

Q2. Format data cakupan menggunakan sistem split untuk menyimpan geometri dan atribut. Gunakan lahan sebagai contoh dan sebutkan kedua sistemnya.

Tugas 2 Membuat File Geodatabase, Fitur Dataset, dan Kelas Fitur

Yang Anda butuhkan: elevzone.shp dan stream.shp, dua shapefile yang memiliki sistem koordinat dan jangkauan yang sama.

Pada Tugas 2, pertama-tama Anda akan membuat berkas geodata-base dan kumpulan data fitur. Kemudian, Anda akan mengimpor shapefile ke dalam kumpulan data fitur sebagai kelas fitur dan memeriksa struktur berkas datanya.

Nama kelas fitur dalam geodatabase harus unik. Dengan kata lain, Anda tidak dapat menggunakan nama yang sama untuk kelas fitur mandiri dan kelas fitur dalam kumpulan data fitur.

1. Langkah ini akan membuat geodatabase berkas. Klik kanan basis data Bab 3 di pohon Katalog, arahkan ke Baru, lalu pilih Geodatabase Berkas. Ganti nama file baru geodatabase Task2.gdb.
2. Selanjutnya, buat set data fitur baru. Klik kanan Task2.gdb, arahkan ke Baru, lalu pilih Set Data Fitur. Pada dialog berikutnya, masukkan Area_1 sebagai nama (hubungkan Area dan 1 dengan garis bawah; spasi tidak diperbolehkan). Klik Berikutnya. Pada dialog berikutnya, pilih Sistem Koordinat Terproyeksi, UTM, NAD 1927, dan Zona UTM NAD 1927 11N secara berurutan, lalu klik Berikutnya. (Sistem koordinat ini digunakan oleh semua kelas fitur di Area_1.) Klik Berikutnya lagi. Terima toleransi default dan klik Selesai.
3. Area_1 sekarang akan muncul di Task2.gdb. Klik kanan Area_1, arahkan ke Impor, lalu pilih Kelas Fitur (multiple). Gunakan tombol telusuri atau metode seret dan lepas untuk memilih elevzone.shp dan stream.shp untuk fitur input. Pastikan geodatabase output mengarah ke Area_1. Klik OK untuk menjalankan operasi impor.
4. Klik kanan Task2.gdb di pohon Katalog dan pilih Properti Basis Data

Dialog ini memiliki tab Umum dan Domain. Domain adalah aturan validasi yang dapat digunakan untuk menetapkan nilai atau rentang nilai yang valid untuk suatu atribut guna meminimalkan kesalahan entri data. Bab 8 membahas tugas yang menggunakan domain untuk entri data.

5. Klik kanan elevzone di Area_1 dan pilih Properti. Dialog Properti Kelas Fitur memiliki 10 tab. Meskipun beberapa tab ini seperti Bidang, Indeks, dan Sistem Koordinat XY mirip dengan shapefile, tab lainnya seperti Subtipe; Domain, Resolusi dan Toleransi; Representasi; dan Hubungan bersifat unik untuk kelas fitur geodatabase. Properti unik ini memperluas fungsionalitas kelas fitur geodatabase.

6. Anda dapat menemukan Task2.gdb di basis data Bab 3. Sebagai geodatabase berkas, Task2.gdb memiliki banyak berkas berukuran kecil.

Tugas 3 Mengonversi Shapefile ke Personal Kelas Fitur Geodatabase

Yang Anda perlukan: landsoil.shp, sebuah shapefile poligon yang tidak memiliki nilai luas dan keliling yang benar.

Ketika shapefile digunakan sebagai input dalam operasi overlay (Bab 11), ArcGIS tidak secara otomatis memperbarui nilai luas dan keliling dari shapefile keluaran. File landsoil.shp merepresentasikan shapefile keluaran tersebut. Dalam tugas ini, Anda akan memperbarui nilai luas dan keliling dari file landsoil.shp.

dengan mengubahnya menjadi kelas fitur dalam geodatabase pribadi.

1. Klik landsoil.shp di pohon Katalog. Di Tab Pratinjau, ubah jenis pratinjau ke Tabel. Tabel menunjukkan dua set nilai luas dan keliling. Selain itu, setiap kolom berisi nilai duplikat. Jelas, landsoil.shp tidak memiliki nilai luas dan keliling yang diperbarui.
2. Klik kanan database Bab 3 di pohon Katalog, arahkan ke Baru, lalu pilih Geodatabase Pribadi. Ganti nama geodatabase pribadi baru Task3.mdb. Klik kanan Task3.mdb, arahkan ke Impor, lalu pilih

Kelas Fitur (tunggal). Pada dialog berikutnya, pilih landsoil.shp untuk fitur input. Pastikan Task3.mdb adalah lokasi output.

Masukkan landsoil untuk nama kelas fitur keluaran. Klik OK untuk membuat landsoil sebagai kelas fitur mandiri di Task3.mdb.

- Q3. Selain shapefile (kelas fitur), jenis data apa lagi yang bisa diimpor ke geodatabase?
3. Sekarang, pratinjau tabel tanah di Task3.mdb. Di ujung kanan tabel, kolom Shape_Length dan Shape_Area masing-masing menampilkan nilai keliling dan luas yang benar.

Tugas 4 Memeriksa Polyline dengan Ukuran

Yang Anda butuhkan: decrease24k.shp, sebuah shapefile yang menunjukkan jalan raya negara bagian Washington. decrease24k.shp berisi polyline dengan nilai ukuran (m). Dengan kata lain, shapefile tersebut berisi rute jalan raya.

1. Luncurkan ArcMap. Ubah nama bingkai data menjadi Tugas 4, lalu tambahkan decline24k.shp ke Tugas 4. Buka tabel atribut decrease24k. Kolom Shape dalam tabel menunjukkan bahwa decrease24k adalah shapefile polyline dengan ukuran (Polyline M). Kolom SR menyimpan pengidentifikasi rute status. Tutup tabel. Klik kanan decrease24k dan pilih Properties. Pada tab Routes pada dialog Layer Properties, pilih SR untuk Pengidentifikasi Rute. Klik OK untuk menutup dialog.
2. Langkah ini untuk menambahkan alat Identifikasi Lokasi Rute. Alat ini tidak muncul di bilah alat mana pun secara default. Anda perlu menambahkannya. Pilih Mode Kustomisasi dari menu Kustomisasi. Pada tab Perintah, pilih kategori Referensi Linier. Bingkai Perintah menampilkan lima perintah. Seret dan letakkan perintah Identifikasi Lokasi Rute ke bilah alat di ArcMap. Tutup dialog Kustomisasi.
3. Gunakan alat Pilih Fitur untuk memilih jalan raya dari decrease24k.shp. Klik alat Identifikasi Lokasi Rute, lalu gunakan untuk mengeklik titik di sepanjang jalan raya yang dipilih. Ini akan membuka

dialog Identifikasi Hasil Lokasi Rute dan menunjukkan nilai ukuran titik yang Anda klik serta ukuran minimum, ukuran maksimum, dan informasi lainnya.

- Q4.** Bisakah Anda memberi tahu arah rute tersebut? jarak tempuh terakumulasi?

Tugas 5 Melihat Wilayah dan Rute

Yang Anda butuhkan: nhd, kumpulan data hidrografi untuk daerah aliran sungai 8 digit (18070105) di Los Angeles, California.

nhd adalah cakupan dengan region bawaan dan subkelas rute. Tugas 5 memungkinkan Anda melihat fitur-fitur komposit ini serta fitur-fitur sederhana berupa busur dan poligon dalam cakupan.

1. Klik Katalog di ArcMap untuk membukanya. Perluas nhd di pohon Katalog. Cakupan nhd berisi 11 lapisan: busur, label, simpul, poligon, dan wilayah. lm, region.rch, region.wb, route.drain, route.lm, route.rch, dan tic. Lapisan region merepresentasikan subkelas region, dan lapisan rute merepresentasikan subkelas rute.
2. Masukkan bingkai data baru di ArcMap, ganti namanya menjadi nhd1, lalu tambahkan poligon, region.lm, region.rch, dan region.wb ke nhd1. Lapisan poligon terdiri dari semua poligon tempat ketiga subkelas region dibangun. Klik kanan nhd region.lm, lalu pilih Buka Tabel Atribut. Kolom FTYPE menunjukkan bahwa nhd region.lm terdiri dari area genangan.

- Q5.** Wilayah dari subkelas wilayah yang berbeda mungkin tumpang tindih. Apakah Anda melihat adanya tumpang tindih di antara ketiga subkelas cakupan NHD?

3. Masukkan bingkai data baru dan ganti namanya menjadi nhd2. Tambahkan arc, route.drain, route.lm, dan route.rch ke nhd2. Lapisan arc terdiri dari semua arc yang menjadi dasar ketiga subkelas rute tersebut. Klik kanan nhd route.rch, lalu pilih Buka Tabel Atribut. Setiap catatan dalam tabel mewakili suatu jangkauan, segmen air permukaan yang memiliki pengenal unik.

- Q6.** Subkelas rute yang berbeda dapat dibangun di atas busur. Apakah Anda melihat busur yang digunakan oleh subkelas cakupan nhd yang berbeda?

4. Setiap lapisan dalam nhd dapat dieksport ke shapefile atau kelas fitur geodatabase. Misalnya, Anda dapat mengklik kanan nhd route.rch, arahkan ke Data, pilih Ekspor Data, dan simpan kumpulan data sebagai shapefile atau kelas fitur geodatabase.

Tugas 6 Lihat NPWP

Yang Anda butuhkan: emidatin, TIN yang disiapkan dari model elevasi digital.

1. Masukkan bingkai data baru di ArcMap. Ubah nama bingkai data menjadi Tugas 6, dan tambahkan emidatin ke Tugas 6. Klik kanan emidatin, lalu pilih Properti. Pada tab Sumber, bingkai Sumber Data menampilkan jumlah simpul dan segitiga serta rentang Z (elevasi) dalam TIN.

- Q7.** Berapa banyak segitiga yang dimiliki emidatin?

2. Pada tab Simbologi, hapus centang Elevasi dan klik tombol Tambah di bingkai Perlihatkan. Pada dialog berikutnya, sorot Tipe dengan simbol yang sama, klik Tambah, lalu klik Abaikan. Klik OK untuk menutup Properti Lapisan. Jendela ArcMap sekarang menampilkan segitiga (sisi) yang membentuk emidatin. Anda dapat mengikuti prosedur yang sama untuk melihat simpul yang membentuk emidatin.

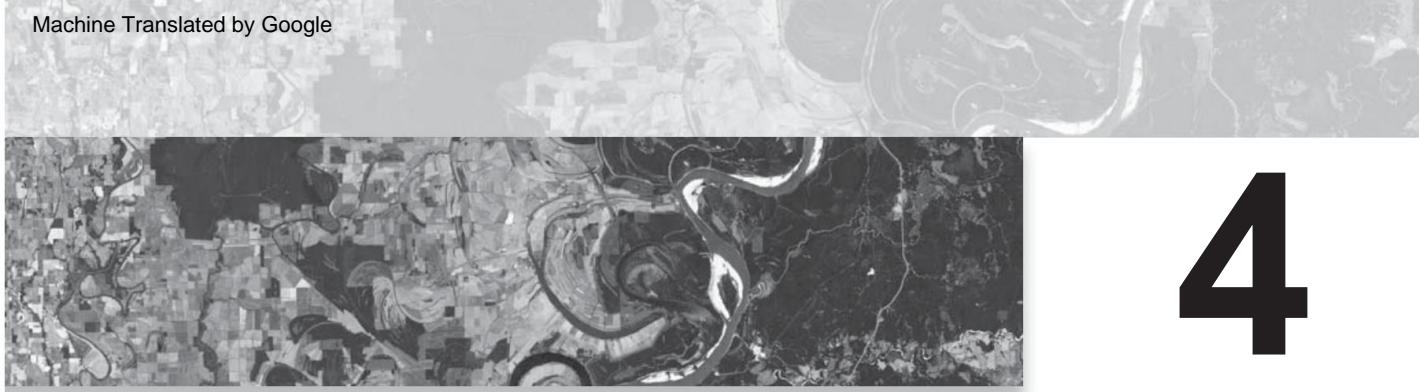
Tugas Tantangan

NHD_Geo_July3 adalah geodatabase yang diunduh dari program Dataset Hidrografi Nasional (<http://nhd.usgs.gov/data.html>).

- Q1. Sebutkan kumpulan data fitur yang termasuk dalam geodatabase.
- Q2. Sebutkan kelas fitur yang terdapat dalam setiap set data fitur.
- Q3. NHD_Geo_July3 berisi jenis data hidrologi yang sama dengan nhd di Tugas 5. NHD_Geo_July3 didasarkan pada geodatabase, sedangkan nhd didasarkan pada cakupan. Bandingkan kedua set data dan jelaskan dengan kata-kata Anda sendiri perbedaannya.

REFERENSI

- Bailey, RG 1983. Delineasi Wilayah Ekosistem. *Manajemen Lingkungan* 7:365–73.
- Batcheller, JK, BM Gitings, dan S. Dowers. 2007. Kinerja Berorientasi Vektor Strategi Penyimpanan Data di ArcGIS ESRI. *Transaksi di GIS* 11:47–65.
- Broome, FR, dan DB Meixler. 1990. Basis Data TIGER Struktur. Kartografi dan Sistem Informasi Geografis 17:39–47.
- Chang, K., DL Verbyla, dan JJ Yeo. 1995. Analisis Spasial Seleksi Habitat Rusa Ekor Hitam Sitka di Alaska Tenggara. *Manajemen Lingkungan* 19:579–89.
- Cleland, DT, RE Avers, WH McNab, ME Jensen, RG Bailey, T. King, dan WE Russell. 1997. Kerangka Hirarki Nasional-karya Unit Ekologi. Dalam MS Boyce dan A. Haney, ed., *Aplikasi Pengelolaan Ekosistem untuk Sumber Daya Hutan dan Satwa Liar* Berkelanjutan, hlm. 181–200. New Haven, CT: Yale University Press.
- Penelitian Sistem Lingkungan Institute, Inc. 1998. Memahami GIS: Metode ARC/INFO. Redlands, CA: ESRI Press.
- Galdi, D. 2005. Penyimpanan Data Spasial dan Topologi dalam Sistem MAF/TIGER yang Didesain Ulang. Biro Sensus AS, Divisi Geografi.
- Gustavsson, M., AC Seijmons- bergen, dan E. Kolstrup. 2007. Struktur dan Isi dari Sebuah Buku Baru Basis Data SIG Geomorfologi yang Terhubung dengan Peta Geomorfologi —Dengan Contoh dari Liden, Swedia Tengah. *Geomorphology* 95:335–49.
- Larman, C. 2001. Menerapkan UML dan Pola: Pengantar Analisis dan Desain Berorientasi Objek dan Proses Terpadu, edisi ke-2. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR.
- Massey, WS 1967. Topologi Aljabar: Sebuah Pengantar. New York: Harcourt, Brace & World.
- Regnault, N., dan WA Mackaness. 2006. Membuat Jaringan Hidrografi dari Representasi Kartografinya: Studi Kasus Menggunakan Ordnance Survey
- Data MasterMap. *Jurnal Internasional Ilmu Informasi Geografis* 20:611–731.
- Sutton, JC, dan MM Wyman. 2000. Lokasi Dinamis: Model Ikonik untuk Sinkronisasi Data Transportasi Temporal dan Spasial. *Penelitian Transportasi Bagian C* 8:37–52.
- Theobald, DM 2001. Topologi Ditinjau Kembali: Merepresentasikan Relasi Spasial. *Jurnal Internasional Ilmu Informasi Geografis* 15:689–705.
- Ungerer, MJ, dan MF Goodchild. 2002. Integrasi Analisis Data Spasial dan SIG: Implementasi Baru Menggunakan Model Objek Komponen (COM). *Jurnal Internasional Ilmu Informasi Geografis* 16:41–53.
- Wilson, RJ, dan JJ Watkins. 1990. *Grafik: Pendekatan Pengantar*. New York: Wiley.
- Zeiler, M. 1999. *Memodelkan Dunia Kita: Panduan ESRI untuk Desain Geodatabase*. Redlands, CA: ESRI Press.
- Zeiler, M., penyunting. 2001. *Menjelajahi ArcObjects*. Redlands, CA: ESRI Press.



4

MODEL DATA RASTER

GARIS BESAR BAB

- 4.1 Elemen Model Data Raster
- 4.2 Citra Satelit
- 4.3 Model Elevasi Digital
- 4.4 Jenis Data Raster Lainnya

- 4.5 Struktur Data Raster
- 4.6 Kompresi Data Raster
- 4.7 Konversi dan Integrasi Data

Model data vektor menggunakan objek geometris berupa titik, garis, dan poligon untuk merepresentasikan fitur spasial. Meskipun ideal untuk fitur diskrit dengan lokasi dan bentuk yang terdefinisi dengan baik, model data vektor kurang efektif untuk fenomena spasial yang bervariasi secara terus-menerus di seluruh ruang, seperti curah hujan, elevasi, dan erosi tanah (Gambar 4.1). Pilihan yang lebih baik untuk merepresentasikan fenomena kontinu adalah model data raster, yang juga disebut model berbasis lapangan. **Model data raster** menggunakan grid reguler untuk menutupi ruang. Nilai dalam setiap sel grid sesuai dengan karakteristik fenomena spasial di lokasi sel. Dan perubahannya

dalam nilai sel mencerminkan variasi spasial fenomena tersebut.

Berbeda dengan model data vektor, model data raster tidak berubah konsepnya selama empat dekade terakhir. Penelitian tentang model data raster justru berfokus pada data raster baru, struktur data, kompresi data, dan integrasi data raster dan vektor. Berbagai macam data yang digunakan dalam sistem informasi geografis (SIG) dikodekan dalam format raster. Data tersebut meliputi data elevasi digital, citra satelit, ortofoto digital, peta pindaian, dan berkas grafik. Inilah sebabnya dokumen bantuan suatu paket SIG biasanya memiliki

**Gambar 4.1**

Raster elevasi berkesinambungan dengan warna yang lebih gelap untuk elevasi yang lebih tinggi.

Daftar panjang tipe data raster yang didukungnya. Data raster cenderung membutuhkan memori komputer dalam jumlah besar. Oleh karena itu, masalah penyimpanan dan pengambilan data menjadi penting bagi pengguna SIG.

Paket SIG dapat menampilkan data raster dan vektor secara bersamaan, dan dapat dengan mudah mengonversi kedua jenis data ini. Dalam banyak hal, data raster dan vektor saling melengkapi. Oleh karena itu, integrasi kedua jenis data ini telah menjadi fitur yang umum dan diinginkan dalam proyek SIG.

Bab 4 dibagi menjadi tujuh bagian berikut. Bagian 4.1 membahas elemen-elemen dasar data raster, termasuk nilai sel, ukuran sel, kedalaman sel, pita, dan referensi spasial. Bagian 4.2, 4.3, dan 4.4 masing-masing menyajikan citra satelit, model elevasi digital, dan jenis data raster lainnya.

Bagian 4.5 menjelaskan tiga struktur data raster yang berbeda. Bagian 4.6 berfokus pada metode kompresi data, sedangkan Bagian 4.7 membahas konversi data dan integrasi data raster dan vektor.

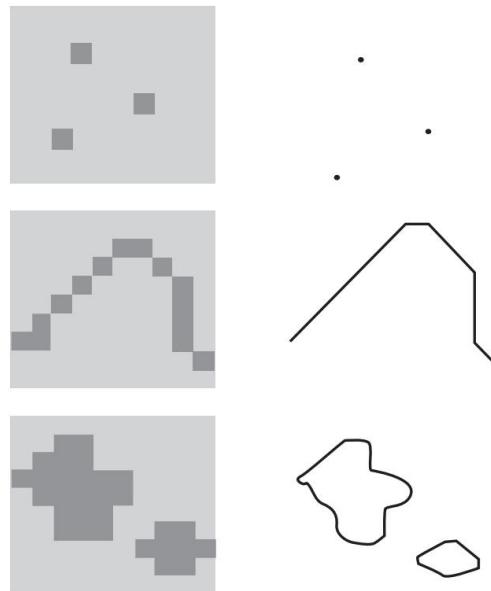
4.1 ELEMEN MODEL DATA RASTER

Raster juga disebut grid atau gambar dalam SIG.

Raster diadopsi dalam bab ini. Raster merepresentasikan permukaan yang kontinu, tetapi untuk penyimpanan dan analisis data, raster dibagi menjadi baris, kolom, dan sel. Sel juga disebut piksel dengan gambar.

Titik asal baris dan kolom biasanya berada di pojok kiri atas raster. Baris berfungsi sebagai koordinat y dan kolom sebagai koordinat x. Setiap sel dalam raster didefinisikan secara eksplisit oleh posisi baris dan kolomnya.

Data raster merepresentasikan titik dengan sel tunggal, garis dengan urutan sel yang berdekatan, dan poligon dengan kumpulan sel yang bersebelahan (Gambar 4.2). Meskipun model data raster tidak memiliki presisi model vektor dalam merepresentasikan lokasi dan batas fitur spasial, model ini memiliki keunggulan tersendiri karena memiliki sel yang tetap.

**Gambar 4.2**

Representasi fitur titik, garis, dan poligon: format raster di sebelah kiri dan format vektor di sebelah kanan.

lokasi (Tomlin 1990). Dalam algoritma komputasi, raster dapat diperlakukan sebagai matriks dengan baris dan kolom, dan nilai selnya dapat disimpan dalam larik dua dimensi dan ditangani sebagai variabel larik dalam kode. Oleh karena itu, data raster jauh lebih mudah dimanipulasi, diagregasi, dan dianalisis daripada data vektor.

4.1.1 Nilai Sel

Nilai sel dalam raster dapat berupa kategoris atau numerik. Raster tutupan lahan, misalnya, berisi data kategoris dengan 1 untuk penggunaan lahan perkotaan, 2 untuk lahan hutan, 3 untuk badan air, dan seterusnya. Raster tutupan lahan juga merupakan contoh **raster integer**, karena nilai selnya tidak mengandung digit desimal. Di sisi lain, raster presipitasi berisi data numerik seperti 20,15, 12,23, dan seterusnya. Raster ini juga merupakan contoh **raster floating-point**, karena nilai selnya mengandung digit desimal.

Raster floating-point membutuhkan lebih banyak memori komputer daripada raster integer. Perbedaan ini dapat menjadi faktor penting untuk proyek SIG yang mencakup area yang luas. Ada beberapa perbedaan lainnya. Pertama, raster integer memiliki tabel atribut nilai untuk mengakses nilai selnya, sedangkan raster floating-point biasanya tidak memiliki karenanya jumlah nilai selnya yang berpotensi besar. Kedua, nilai sel individual dapat digunakan untuk mengkueri dan menampilkan raster integer, tetapi rentang nilai, seperti 12,0 hingga 19,9, harus digunakan pada raster floating-point. Peluang untuk menemukan nilai tertentu dalam raster floating-point sangat kecil.

Di mana nilai sel terdaftar di dalam sel? Jawabannya bergantung pada jenis operasi data raster. Biasanya, nilai sel diterapkan ke pusat sel dalam operasi yang melibatkan pengukuran jarak. Contohnya termasuk resampling nilai piksel (Bab 6) dan menghitung jarak fisik (Bab 12). Banyak operasi data raster lainnya berbasis sel, alih-alih berbasis titik, dan mengasumsikan bahwa nilai sel diterapkan ke seluruh sel.

4.1.2 Ukuran Sel

Ukuran sel raster mengacu pada ukuran area yang diwakili oleh satu sel. Jika raster memiliki ukuran sel 100 meter persegi, artinya setiap sisi selnya

panjangnya 10 meter. Raster ini biasanya disebut raster 10 meter. Ukuran sel menentukan resolusi spasial suatu raster. Raster 10 meter memiliki resolusi yang lebih halus (lebih tinggi) daripada raster 30 meter.

Ukuran sel yang besar tidak dapat merepresentasikan lokasi fitur spasial secara tepat, sehingga meningkatkan kemungkinan terdapatnya fitur campuran seperti hutan, padang rumput, dan air di dalam sel. Masalah ini berkang ketika raster menggunakan ukuran sel yang lebih kecil. Namun, ukuran sel yang kecil meningkatkan volume data dan data waktu penggeraan.

4.1.3 Kedalaman Sel

Kedalaman sel raster mengacu pada jumlah bit untuk menyimpan nilai sel. Bit (singkatan dari digit biner), unit data terkecil dalam komputer, memiliki nilai biner tunggal, baik 0 maupun 1. Byte adalah urutan bit, dengan 8 bit setara dengan 1 byte. Kedalaman sel yang lebih tinggi berarti sel tersebut dapat menyimpan rentang nilai yang lebih luas. Misalnya, raster 8-bit dapat menyimpan 256 (2⁸) kemungkinan nilai, sementara raster 16-bit (2¹⁶) dapat menyimpan 65.536 kemungkinan nilai. Cara nilai sel disimpan dapat menentukan volume data; contoh spesifik yang menghubungkan kedalaman sel dengan volume data disajikan dalam Kotak 4.1.

4.1.4 Pita Raster

Raster dapat memiliki satu pita atau beberapa pita. Setiap sel dalam raster pita tunggal hanya memiliki satu nilai sel. Contoh raster pita tunggal adalah raster elevasi, dengan satu nilai elevasi di setiap lokasi sel. Setiap sel dalam raster multipita dikaitkan dengan lebih dari satu nilai sel. Contoh raster multipita adalah citra satelit, yang mungkin memiliki lima, tujuh, atau lebih pita di setiap lokasi sel.

4.1.5 Referensi Spasial

Data raster harus memiliki informasi referensi spasial agar dapat diselaraskan secara spasial dengan kumpulan data lain dalam SIG. Misalnya, untuk menumpangkan raster elevasi pada lapisan tanah berbasis vektor, kita

**Kotak 4.1****Volume Data Resolusi Tinggi (SPOT 5) dan Resolusi Sangat Tinggi Citra Satelit Resolusi (IKONOS)**

Ke Untuk mengilustrasikan kebutuhan volume data untuk citra satelit resolusi tinggi dan resolusi sangat tinggi, citra SPOT 5 dan IKONOS digunakan sebagai contoh. Citra SPOT 3-band mencakup area seluas $60 \times 60 \text{ km}^2$ dengan resolusi spasial 10 m; dengan demikian, citra tersebut memiliki 6000×6000 piksel. Intensitas warna setiap piksel di setiap band memiliki kedalaman sel 8 bit atau 1 byte (Bagian 4.1.3). Volume data untuk citra ini adalah 6250000×2 byte atau 50 juta byte.

menghasilkan total $3 \times 36000000 \times 1$ byte atau 108 juta byte. Citra IKONOS 4-band mencakup area seluas $10 \times 10 \text{ km}^2$ dengan resolusi spasial 4 m; dengan demikian, citra tersebut memiliki 2500×2500 piksel. Intensitas warna setiap piksel di setiap band didigitalkan pada 11 bit dan disimpan pada 16 bit (yaitu, 2 byte). Volume data untuk citra ini memiliki total sel 8 bit atau 1 byte (Bagian 4.1.3). Volume data untuk citra ini adalah 6250000×2 byte atau 50 juta byte.

Pertama-tama, pastikan kedua set data didasarkan pada sistem koordinat yang sama. Raster yang telah diproses agar sesuai dengan sistem koordinat yang diproyeksikan (Bab 2) sering disebut **raster georeferensi**.

Bagaimana raster dapat dicocokkan dengan sistem koordinat yang diproyeksikan? Pertama, kolom raster berkorespondensi dengan koordinat x, dan baris berkorespondensi dengan koordinat y. Karena titik asal raster berada di pojok kiri atas, berbeda dengan pojok kiri bawah pada sistem koordinat yang diproyeksikan, nomor baris bertambah ke arah yang berlawanan dengan koordinat y. Kedua, koordinat yang diproyeksikan untuk setiap sel raster dapat dihitung dengan menggunakan koordinat x dan y dari luas area raster. Contoh berikut bersifat ilustrasi.

Misalkan raster elevasi mempunyai informasi berikut mengenai jumlah baris, jumlah kolom, ukuran sel, dan luas area yang dinyatakan dalam UTM

(Koordinat Universal Transverse Mercator):

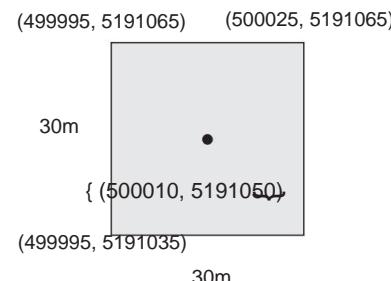
- Baris: 463, kolom: 318, ukuran sel: 30 meter
- koordinat x, y di sudut kiri bawah: 499995, 5177175
- koordinat x, y di sudut kanan atas: 509535, 5191065

Kita dapat memverifikasi bahwa jumlah baris dan kolom sudah benar dengan menggunakan koordinat UTM pembatas dan ukuran sel:

- Jumlah baris = $(5191065 - 5177175)/30 = 463$
- Jumlah kolom = $(509535 - 499995)/30 = 318$

Kita juga dapat memperoleh koordinat UTM yang mendefinisikan setiap sel. Misalnya, sel baris 1, kolom 1 memiliki koordinat UTM berikut (Gambar 4.3):

- 499995, 5191035 atau $(5191065 - 30)$ di sudut kiri bawah
- 500025 atau $(499995 + 30)$, 5191065 di pojok kanan atas
- 500010 atau $(499995 + 15)$, 5191050 atau $(5191065 - 15)$ di pusat sel

**Gambar 4.3**

Koordinat UTM untuk luas dan pusat sel berukuran 30 meter.

4.2 CITRA SATELIT

Data satelit penginderaan jauh sudah tidak asing lagi bagi pengguna SIG. Sistem satelit dapat dibagi menjadi pasif dan aktif (Tabel 4.1). Sistem pasif, yang sering disebut sebagai sistem optik, memperoleh pita spektral dari spektrum elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan Bumi. Diukur berdasarkan panjang gelombang (misalnya, mikrometer atau μm), pita spektral ini direkam dalam rentang cahaya tampak ($0,4\text{-}0,7 \mu\text{m}$), inframerah dekat ($0,75\text{-}1,4 \mu\text{m}$), dan inframerah gelombang pendek ($1,4\text{-}3,0 \mu\text{m}$). Citra satelit optik dapat berupa pankromatik atau multispektral.

Citra pankromatik memiliki pita tunggal, yang dapat ditampilkan dalam nuansa abu-abu, sedangkan citra multispektral memiliki beberapa pita, yang dapat ditampilkan dalam komposit warna.

Sistem aktif, yang umumnya disebut radar apertur sintetis (SAR), menyediakan energinya untuk menerangi area yang diinginkan dan mengukur gelombang radar yang dipantulkan atau dihamburkan kembali dari permukaan bumi. Data SAR dapat diklasifikasikan berdasarkan panjang gelombang, dengan pita L terpanjang, pita X terpendek, dan pita C di antaranya. Keuntungan utama SAR adalah dapat beroperasi dalam kondisi berawan, hujan, atau gelap.

Baik untuk sistem pasif maupun aktif, resolusi spasial citra satelit mengacu pada ukuran piksel. Misalnya, resolusi spasial 30 meter berarti setiap piksel setara dengan luas permukaan tanah $900 \text{ meter persegi}$. Resolusi spasial bersifat tetap untuk citra satelit optik, tetapi dapat berubah untuk citra SAR tergantung pada sejumlah parameter seperti mode akuisisi, panjang gelombang, lebar pita, dan sudut datang. Campbell dan Wynne (2011)

dan Lillesand, Kiefer, dan Chipman (2015) memiliki informasi lebih lanjut tentang dasar-dasar citra satelit.

Banyak negara telah mengembangkan program satelit sejak akhir 1980-an. Mustahil untuk mencantumkan semuanya. Bagian berikut membahas beberapa contoh citra satelit.

4.2.1 Landsat

Program **Landsat AS**, yang dimulai oleh Badan Penerbangan dan Antariksa Nasional (NASA) dan Survei Geologi AS (USGS) pada tahun 1972, telah menghasilkan citra yang paling banyak digunakan di seluruh dunia (<http://landsat.usgs.gov/>). Landsat 1, 2, dan 3 memperoleh citra dengan Multispectral Scanner (MSS) dengan resolusi spasial sekitar 79 meter.

Pada tahun 1982, pemindai Thematic Mapper (TM) di Landsat 4 memperoleh citra dengan tujuh pita spektral (biru, hijau, merah, inframerah dekat, inframerah menengah I, inframerah termal, dan inframerah menengah II) dengan resolusi spasial 30 meter. TM kedua diluncurkan pada Landsat 5 pada tahun 1984. Landsat 6 gagal mencapai orbitnya setelah diluncurkan pada tahun 1993.

Landsat 7 diluncurkan pada tahun 1999, membawa sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) yang dirancang untuk memantau proses skala kecil secara musiman dalam skala global, seperti siklus pertumbuhan vegetasi, deforestasi, penggunaan lahan pertanian, erosi dan bentuk degradasi lahan lainnya, akumulasi dan pencairan salju, serta urbanisasi. Landsat 8 diluncurkan pada tahun 2013 dengan Operational Land Imager, yang menyediakan pita spektral serupa dengan Landsat 7, beserta pita biru tua baru (pita 1) dan pita inframerah gelombang pendek baru (pita 9). Selain itu, Landsat 8 juga membawa sensor inframerah termal,

TABEL 4.1 Sistem Satelit Pasif dan Aktif

	Pasif	Aktif
Karakteristik	Data yang dikumpulkan dari energi cahaya yang dipantulkan; tidak tersedia di bawah tutupan awan atau di malam hari; resolusi spasial sub-metrik	Data yang dikumpulkan dari pulsa gelombang radar; tersedia dalam semua kondisi cuaca; meningkatkan resolusi spasial
Contoh	Landsat; SPOT; GeoEye; Globe Digital; Terra	TerraSAR-X; RADARSAT-2; COSMO-SkyMed

TABEL 4.2 Pita Spektral, Panjang Gelombang, dan Resolusi Spasial Landsat 7 (ETM+) dan Landsat 8

Satelit Landsat 7 (ETM+)			Satelit Landsat 8		
Pita	Panjang gelombang (µm)	Resolusi (M)	Pita	Panjang gelombang (µm)	Resolusi (M)
1	0,45–0,52	30	1	0,43–0,45	30
2	0,52–0,60	30	2	0,45–0,51	30
3	0,63–0,69	30	3	0,53–0,59	30
4	0,77–0,90	30	4	0,64–0,67	30
5	1,55–1,75	30	5	0,85–0,88	30
6	2,09–2,35	30	6	1,57–1,65	30
7 (pankromatik)	0,52–0,90	15	7	2,11–2,29	30
			8 (pankromatik)	0,50–0,68	15
			9	1,36–1,38	30

yang menyediakan dua pita termal. Tabel 4.2 menunjukkan pita spektral, panjang gelombang, dan resolusi spasial Landsat 7 (ETM+) dan Landsat 8.

4.2.2 TITIK

Seri satelit SPOT Prancis dimulai pada tahun 1986. Setiap satelit SPOT membawa dua jenis sensor. SPOT 1 hingga 4 memperoleh citra pita tunggal dengan resolusi spasial 10 meter dan citra multipita dengan resolusi 20 meter. SPOT 5, diluncurkan

Pada tahun 2002, mengirimkan citra 5 dan 2,5 meter dalam pita tunggal, dan 10 meter dalam pita ganda. SPOT 6 dan SPOT 7, yang diluncurkan masing-masing pada tahun 2012 dan 2014, menyediakan citra pankromatik dengan resolusi 1,5 meter dan citra multispektral (biru, hijau, merah, dan inframerah dekat) dengan resolusi 6 meter. Citra SPOT kini menjadi bagian dari produk yang didistribusikan oleh Airbus Defence and Space (<http://www.intelligence-airbusds.com/>). Airbus Defence and Space juga memasarkan citra satelit Pléiades beresolusi sangat tinggi (Tabel 4.3).

TABEL 4.3 Contoh Citra Satelit Resolusi Sangat Tinggi

Dunia Digital			
IKONOS*		GeoEye-1	
Pankromatik 82 cm	Multispektral 4 m	Pankromatik 41 cm	Multispektral 1,65 m
QuickBird*		Pandangan Dunia-4	
Pankromatik 61 cm	Multispektral 2,4 m	Pankromatik 31 cm	Multispektral 1,24 m
Pleiades			
Pankromatik 50 cm		Multispektral 2 m	

*Ikonos dan QuickBird dinonaktifkan pada tahun 2015.

4.2.3 Dunia Digital

Digital Globe adalah perusahaan Amerika yang mengkhususkan diri dalam gambar satelit resolusi tinggi (<http://www.satimagingcorp.com/>). Dengan akuisisi GeoEye pada tahun 2013, Digital Globe telah memperluas produk yang ditawarkannya, termasuk Ikonos, QuickBird, GeoEye-1, dan WorldView (1-4). WorldView-4 terbaru memiliki resolusi spasial 31 sentimeter untuk pankromatik dan 1,24 meter untuk multispektral (merah, hijau, biru, dan inframerah). Tabel 4.3 menunjukkan resolusi spasial produk-produk ini, baik dalam pankromatik maupun multispektral. Perlu dicatat bahwa Ikonos maupun QuickBird telah dihentikan operasionalnya pada tahun 2015, meskipun citra arsipnya masih tersedia.

4.2.4 Penjaga

Badan Antariksa Eropa menyediakan data satelit aktif dan pasif melalui misi Sentinel (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home>). Seperti citra Landsat, data Sentinel dapat diunduh secara gratis. Sentinel-1, yang diluncurkan pada tahun 2014, memperoleh citra SAR C-band secara global dengan resolusi spasial sekitar 20 meter. Dengan demikian, Sentinel-1 bergabung dengan TerraSAR-X, RADARSAT-2, dan COS-MOS-SkyMed dalam menyediakan citra SAR. Sentinel-2, yang diluncurkan pada tahun 2015, mengumpulkan data dengan 13 pita dalam rentang inframerah tampak, inframerah dekat, dan inframerah gelombang pendek: empat pita pada resolusi spasial 10 meter, enam pita pada 20 meter, dan tiga pita pada

60 meter. Sentinel-3, yang diluncurkan pada tahun 2016, pada dasarnya merupakan misi samudra untuk tugas-tugas seperti pengumpulan data tentang variasi permukaan laut global.

4.2.5 Satelit Terra

Pada tahun 1999, Sistem Pengamatan Bumi NASA meluncurkan wahana antariksa Terra untuk mempelajari interaksi antara atmosfer Bumi, daratan, lautan, kehidupan, dan energi radiasi (panas dan cahaya) (<http://terra.nasa.gov/About/>). Terra membawa sejumlah instrumen, di antaranya ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) yang merupakan satu-satunya instrumen beresolusi spasial tinggi yang dirancang untuk aplikasi dalam klasifikasi tutupan lahan dan deteksi perubahan.

Resolusi spasial ASTER adalah 15 meter pada rentang inframerah tampak dan inframerah dekat, 30 meter pada pita inframerah gelombang pendek, dan 90 meter pada pita inframerah termal. MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) menyediakan cakupan global berkelanjutan setiap satu hingga dua hari dan mengumpulkan data dari 36 pita spektral dengan resolusi spasial berkisar antara 250 hingga 1000 meter.

4.3 MODEL ELEVASI DIGITAL

Model elevasi digital (DEM) terdiri dari rangkaian data elevasi yang berjarak seragam (Kotak 4.2). DEM adalah sumber data utama untuk pemetaan medan dan



Itu Berikut ini menunjukkan sebagian baris DEM 30 m dalam format teks (ASCII). DEM ini berupa raster floating-point yang diukur dalam meter. Nilai sel dipisahkan oleh spasi. Oleh karena itu, nilai pertama adalah 1013,236 m, diikuti oleh 1009,8 m, dan seterusnya. DEM awal dari USGS menggunakan format ASCII.

1013.236 1009.8 1005.785 1001.19 997.0314

Nomor telepon 993.4455 989.2678 986.1353 983.8953 982.1207

980.7638 979.2675 977.3576 975.3024 973.2333
970.6653 967.4141 963.6718 959.7509 956.2668
953.4758 951.0106 948.1921 945.443 943.2946
Nomor telepon 941.1065 939.2331 937.3663 934.7165 932.1559
Nomor telepon 928.7913 926.7457 925.4155

Analisis (Bab 13). Metode tradisional untuk menghasilkan DEM adalah dengan menggunakan stereoplotter dan pasangan foto udara stereo (yaitu, pasangan foto udara dari area yang sama yang diambil dari posisi yang sedikit berbeda untuk menghasilkan efek 3-D). Stereoplotter menciptakan model 3-D, yang memungkinkan operator untuk mengkompilasi data elevasi. Meskipun metode ini dapat menghasilkan data DEM yang sangat akurat, metode ini membutuhkan operator yang berpengalaman dan memakan waktu.

Metode tradisional lainnya adalah menginterpolasi DEM dari garis kontur peta topografi (Bab 13).

Beberapa teknik baru untuk pembuatan DEM telah dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir. Bagian selanjutnya membahas tiga teknik tersebut menggunakan sensor optik, radar apertur sintetis interferometrik (InSAR), dan deteksi dan pengukuran jarak cahaya (LiDAR). Teknik lain, yang tidak dibahas di sini, adalah fotogrametri berbasis sistem udara nirawak dan pemindaian laser terestrial (Ouédraogo dkk. 2014).

4.3.1 Sensor Optik

Untuk membuat DEM, diperlukan dua atau lebih citra satelit optik dari area yang sama yang diambil dari arah berbeda. Citra stereo ini harus diambil dalam interval waktu yang singkat agar tanda spektralnya tidak berbeda secara signifikan. Dua sensor optik yang memenuhi persyaratan ini adalah Terra ASTER dan SPOT 5. ASTER menyediakan tampilan nadir dan tampilan mundur dalam satu menit, dan HRS (Sensor Resolusi Tinggi) yang dibawa oleh SPOT 5 menyediakan tampilan maju dan tampilan mundur sepanjang orbitnya. DEM ASTER memiliki resolusi spasial 30 meter. Airbus Defence and Space mendistribusikan DEM SPOT 5 dengan resolusi spasial 20 meter. DEM juga dapat dihasilkan dari citra satelit beresolusi sangat tinggi seperti citra World-View selama pasangan stereo tersedia (misalnya, Capaldo dkk. 2012).

4.3.2 InSAR

InSAR menggunakan dua atau lebih gambar SAR untuk menghasilkan elevasi permukaan reflektif, yang mungkin

vegetasi, fitur buatan manusia, atau tanah kosong.

SRTM (Misi Topografi Radar Pesawat Ulang-alik)

DEM, misalnya, berasal dari data SAR yang dikumpulkan oleh dua antena radar yang ditempatkan di Pesawat Ulang Alik pada tahun 2000. DEM SRTM mencakup lebih dari 80 persen daratan Bumi antara 60° LU dan 56° LS (Farr dkk. 2007). Untuk Amerika Serikat dan kepulauan territorial, data elevasinya berjarak 1 detik busur (sekitar 30 meter di garis lintang tengah) antara 0° dan 50° LS dan berjarak 1 detik busur di garis lintang dan 2 detik busur di garis bujur antara 50° dan 60° LS. Untuk negara lain, DEM SRTM tersedia dengan resolusi 90 meter. DEM dengan resolusi lebih tinggi daripada SRTM kini dapat dibuat dari citra SAR yang dikumpulkan oleh Sentinel-1, TerraSAR-X, dan RADARSAT-2. Misalnya, Airbus Defence and Space mendistribusikan DEM yang dibuat dari gambar stereo TerraSAR-X pada resolusi spasial 10 meter, 4 meter, dan 1 meter.

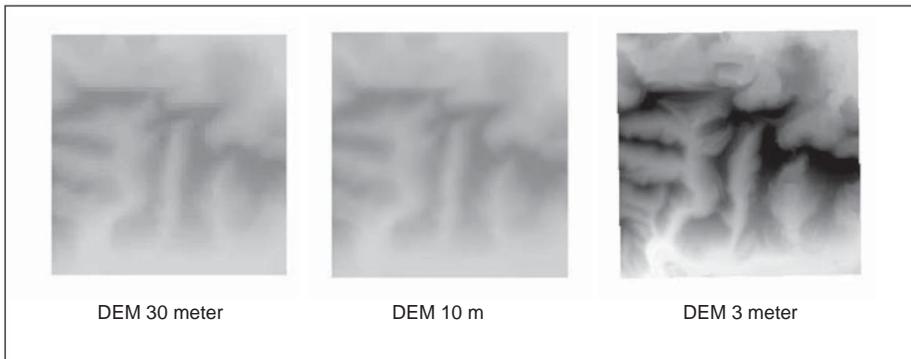
4.3.3 LiDAR

Penggunaan data LiDAR untuk pembuatan DEM telah meningkat secara signifikan sejak pertengahan 1990-an (Liu 2008). Komponen dasar sistem LiDAR meliputi pemindai laser yang terpasang di pesawat, GPS, dan Unit Pengukuran Inersia (IMU).

Pemindai laser memiliki generator pulsa yang memancarkan pulsa laser cepat (panjang gelombang 0,8–1,6 μ m) pada area yang diinginkan, dan penerima yang menerima pulsa hamburan dan pantulan dari target. Dengan menggunakan selang waktu pulsa, jarak (jangkauan) antara pemindai dan target dapat dihitung.

Pada saat yang sama, lokasi dan orientasi pesawat diukur masing-masing oleh GPS dan IMU. Oleh karena itu, lokasi target dalam ruang tiga dimensi dapat ditentukan menggunakan informasi yang diperoleh sistem LiDAR (Liu dkk. 2007).

Salah satu aplikasi utama teknologi LiDAR adalah pembuatan DEM resolusi tinggi, dengan resolusi spasial 0,5 hingga 2 meter (Flood 2001) (Gambar 4.4). DEM ini sudah digeoreferensi berdasarkan ellipsoid WGS84 (Bab 2). Karena LiDAR dapat mendeteksi beberapa sinyal balik

**Gambar 4.4**

DEM dengan tiga resolusi: 30 meter, 10 meter, dan 3 meter. DEM 30 meter dan 10 meter merupakan DEM USGS.

DEM 3 meter, yang memuat lebih banyak detail topografi daripada dua lainnya, merupakan produk turunan dari data LiDAR.

untuk satu pulsa yang ditransmisikan, ia dapat menghasilkan DEM dengan tingkat ketinggian yang berbeda seperti elevasi tanah (dari pengembalian terakhir LiDAR) dan elevasi tajuk (dari pengembalian pertama LiDAR) (Lefsky 2010). Dengan demikian, LiDAR dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi hutan (Lefsky 2010). Bab 13 mencakup latihan mengonversi data LiDAR ke DEM.

4.4 JENIS DATA RASTER LAINNYA

4.4.1 Ortofoto Digital

Ortofoto digital (DOQ) merupakan citra digital dari foto udara atau data penginderaan jauh lainnya yang perpindahannya disebabkan oleh kemiringan kamera dan relief medan telah dihilangkan (Gambar 4.5).

**Gambar 4.5**

USGS DOQ hitam-putih 1 meter untuk Sun Valley, Idaho.

USGS mulai memproduksi DOQ pada tahun 1991 dari foto udara skala 1:40.000 milik Program Fotografi Udara Nasional. DOQ USGS ini memiliki georeferensi pada koordinat UTM NAD83 dan dapat didaftarkan dengan data topografi dan data lainnya. peta.

Format DOQ standar USGS adalah seperempat kuadran berdurasi 3,75 menit atau kuadran berdurasi 7,5 menit dalam format hitam putih, inframerah berwarna, atau warna alami, dengan resolusi permukaan tanah 1 meter. DOQ hitam putih memiliki 256 tingkat keabuan, serupa dengan citra satelit pita tunggal, sedangkan ortofoto berwarna adalah citra multipita, dengan setiap pita mewakili cahaya merah, hijau, atau biru. DOQ dapat dengan mudah ditampilkan dalam SIG dan berguna untuk memeriksa akurasi lapisan peta seperti jalan dan batas persil.

4.4.2 Data Penutupan Lahan

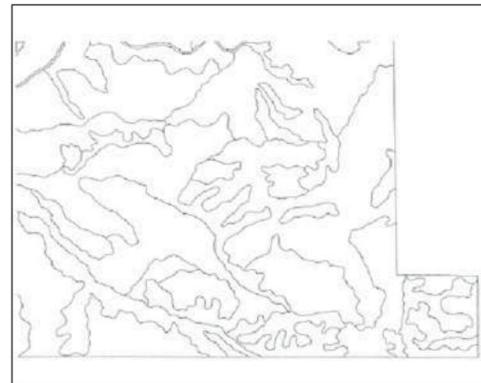
Data tutupan lahan biasanya diklasifikasikan dan dikompilasi dari citra satelit, sehingga sering disajikan sebagai data raster. USGS, misalnya, menawarkan serangkaian tiga basis data tutupan lahan: NLCD 2001, NLCD 2006, dan NLCD 2011. Ketiga basis data tersebut menggunakan skema 16 kelas yang diklasifikasikan dari citra Land-Sat dengan resolusi spasial 30 meter (<http://www.mrlc.gov/index.php>).

4.4.3 File yang Dipindai Dua Tingkat

Berkas **pindaian dua tingkat** adalah citra pindaian yang berisi nilai 1 atau 0 (Gambar 4.6). Dalam SIG, berkas pindaian dua tingkat biasanya dibuat untuk tujuan digitalisasi (Bab 5). Berkas ini dipindai dari peta kertas atau Mylar yang memuat batas-batas tanah, bidang tanah, dan fitur lainnya. Paket SIG biasanya dilengkapi alat untuk mengonversi berkas pindaian dua tingkat menjadi fitur berbasis vektor (Bab 5). Peta yang akan didigitalisasi biasanya dipindai pada 300 atau 400 titik per inci (dpi).

4.4.4 Grafik Raster Digital

Grafik **raster digital (DRG)** adalah gambar pindaian peta topografi USGS (Gambar 4.7).



Gambar 4.6

Berkas hasil pemindaian dua tingkat yang menunjukkan garis-garis tanah.

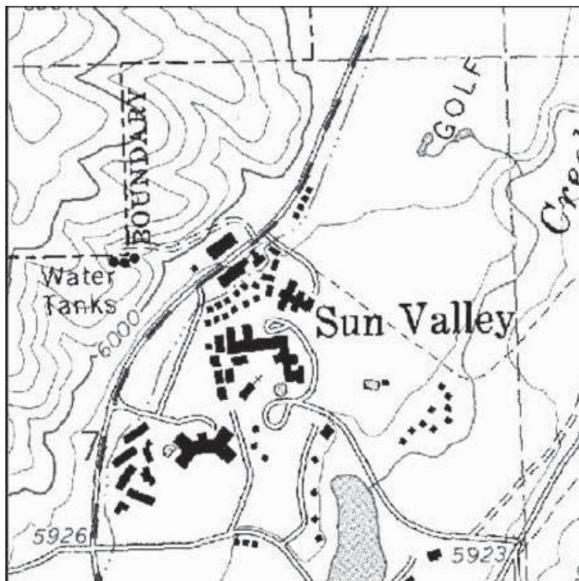
USGS memindai peta topografi berdurasi 7,5 menit pada resolusi 250 hingga 500 dpi untuk menghasilkan DRG dengan resolusi permukaan 2,4 meter. USGS menggunakan hingga 13 warna pada setiap DRG berdurasi 7,5 menit. Karena 13 warna ini didasarkan pada palet warna 8-bit (256), tampilannya mungkin tidak persis sama dengan peta kertas. DRG USGS digeoreferensikan ke sistem koordinat UTM, berdasarkan NAD27 atau NAD83.

4.4.5 File Grafik

Peta, foto, dan gambar dapat disimpan sebagai berkas grafik digital. Banyak berkas grafik populer berformat raster, seperti TIFF (format berkas gambar berlabel), GIF (format pertukaran grafik), dan JPEG (Joint Photographic Experts Group).

4.4.6 Data Raster Spesifik Perangkat Lunak GIS

Paket GIS menggunakan data raster yang diimpor dari DEM, citra satelit, citra pindaian, berkas grafik, dan berkas teks, atau dikonversi dari data vektor. Data raster ini menggunakan format yang berbeda. ArcGIS, misalnya, menyimpan data raster dalam format **Esri Grid**; namun, mulai ArcGIS 10.5, TIFF adalah format keluaran raster default.

**Gambar 4.7**

USGS DRG untuk Sun Valley, Idaho. DRG ini sudah usang dibandingkan dengan DOQ pada Gambar 4.5.

4.5 STRUKTUR DATA RASTER

Struktur data raster mengacu pada metode dimana data raster dikodekan dan disimpan dalam

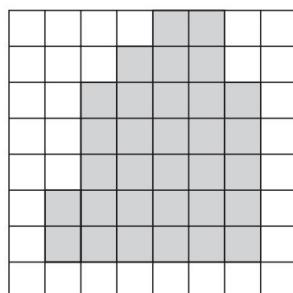
komputer. Tiga metode umum dibahas di sini: pengodean sel demi sel, pengodean panjang-run, dan quadtree.

4.5.1 Pengkodean Sel demi Sel

Metode **pengkodean sel per sel** menyediakan struktur data raster yang paling sederhana. Raster disimpan sebagai matriks, dan nilai selnya ditulis ke dalam berkas per baris dan kolom (Gambar 4.8). Berfungsi pada tingkat sel, metode ini merupakan pilihan ideal jika nilai sel raster berubah secara terus-menerus.

DEM menggunakan struktur data sel per sel karena nilai elevasi di sekitarnya jarang sama (Kotak 4.2). Citra satelit juga dikodekan sel per sel. Namun, dengan beberapa pita spektral, citra satelit memiliki lebih dari satu nilai untuk setiap piksel, sehingga memerlukan penanganan khusus. Citra multiband biasanya disimpan dalam format berikut:

tiga format (Jensen 2004). Metode band sequential (.bsq) menyimpan nilai pita gambar



Baris 1: 0 0 0 0 1 1 0 0
 Baris 2: 0 0 0 1 1 1 1 0 0
 Baris 3: 0 0 1 1 1 1 1 0
 Baris 4: 0 0 1 1 1 1 1 0
 Baris 5: 0 0 1 1 1 1 1 0
 Baris 6: 0 1 1 1 1 1 1 0
 Baris 7: 0 1 1 1 1 1 1 0
 Baris 8: 0 0 0 0 0 0 0 0 0

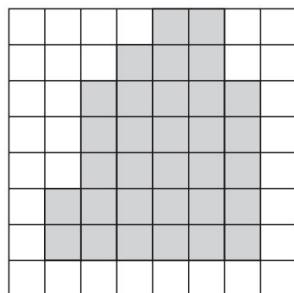
Gambar 4.8

Struktur data sel per sel mencatat setiap nilai sel berdasarkan baris dan kolom. Sel abu-abu memiliki nilai sel 1.

sebagai satu berkas. Oleh karena itu, jika sebuah citra memiliki tujuh pita, set data tersebut memiliki tujuh berkas berurutan, satu berkas per pita. Metode pita yang disisipkan berdasarkan baris (.bil) menyimpan, baris demi baris, nilai semua pita dalam satu berkas. Oleh karena itu, berkas tersebut terdiri dari baris 1, pita 1; baris 1, pita 2. baris 2, pita 1; baris 2, pita 2. . . dan seterusnya. Metode pita yang disisipkan berdasarkan piksel (.bip) menyimpan nilai semua pita per piksel dalam satu berkas. Oleh karena itu, berkas tersebut terdiri dari piksel (1, 1), pita 1; piksel (1, 1), pita 2. . . piksel (2, 1), pita 1; piksel (2, 1), pita 2. . . dan seterusnya.

4.5.2 Pengkodean Panjang-Jalan

Pengodean sel per sel menjadi tidak efisien jika raster berisi banyak nilai sel yang redundan. Misalnya, berkas pindaian dua tingkat dari peta tanah memiliki banyak angka 0 yang mewakili area yang tidak bertinta dan hanya sesekali angka 1 yang mewakili garis tanah yang bertinta. Data raster dengan banyak nilai sel berulang dapat disimpan secara lebih efisien menggunakan **pengodean run-length (RLE)**. metode, yang mencatat nilai sel berdasarkan baris dan grup. Grup mengacu pada serangkaian sel yang berdekatan dengan nilai sel yang sama. Gambar 4.9 menunjukkan



Baris 1: 5 6
Baris 2: 4 6
Baris 3: 3 7
Baris 4: 3 7
Baris 5: 3 7
Baris 6: 2 7
Baris 7: 2 7

Gambar 4.9

Metode pengkodean run-length mencatat sel abu-abu per baris. Baris 1 memiliki dua sel abu-abu yang berdekatan di kolom 5 dan 6. Oleh karena itu, baris 1 dikodekan dengan satu run, dimulai di kolom 5 dan berakhir di kolom 6. Metode yang sama digunakan untuk mencatat baris-baris lainnya.

Pengodean panjang-run poligon berwarna abu-abu. Untuk setiap baris, sel awal dan sel akhir menunjukkan panjang grup ("run") yang berada di dalam poligon.

File pindaian dua tingkat dari peta kuadran tanah berdurasi 7,5 menit, yang dipindai pada 300 dpi, dapat berukuran lebih dari 8 megabita (MB) jika disimpan per sel.

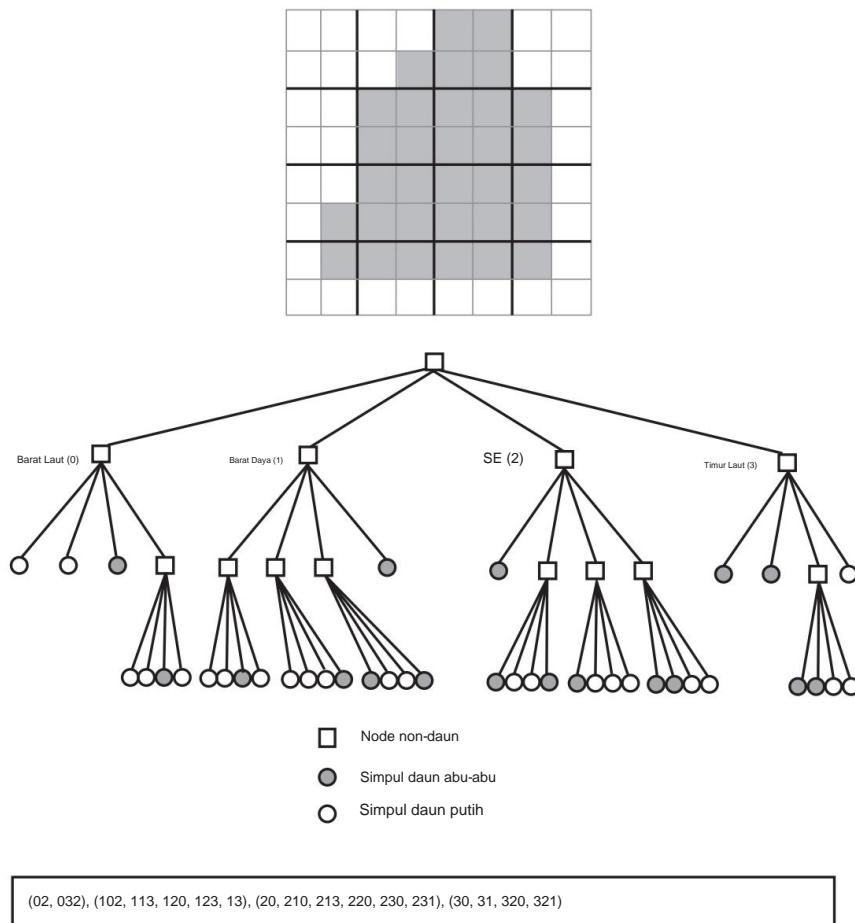
Namun, dengan menggunakan metode RLE, ukuran berkas diperkecil menjadi sekitar 0,8 MB dengan rasio kompresi 10:1. Oleh karena itu, RLE merupakan metode untuk mengode sekaligus mengompresi data raster. Banyak paket SIG menggunakan RLE selain pengodean sel per sel untuk menyimpan data raster. Paket-paket tersebut antara lain GRASS, IDRISI, dan ArcGIS.

4.5.3 Quadtree

Alih-alih bekerja sepanjang satu baris pada satu waktu, **quadtree** menggunakan dekomposisi rekursif untuk membagi raster ke dalam hierarki kuadran (Samet 1990). Dekomposisi rekursif mengacu pada proses pembagian berkelanjutan hingga setiap kuadran dalam pohon kuadran hanya berisi satu nilai sel.

Gambar 4.10 menunjukkan raster dengan poligon berwarna abu-abu dan sebuah quadtree yang menyimpan fitur tersebut. Quadtree berisi simpul dan cabang (subdivisi). Sebuah simpul merepresentasikan sebuah kuadran. Bergantung pada nilai sel di kuadran, sebuah simpul dapat berupa simpul non-daun atau simpul daun. Sebuah simpul non-daun merepresentasikan sebuah kuadran yang memiliki nilai sel yang berbeda. Oleh karena itu, simpul non-daun merupakan titik cabang, yang berarti kuadran tersebut dapat dibagi lagi. Di sisi lain, simpul daun merepresentasikan kuadran yang memiliki nilai sel yang sama. Oleh karena itu, simpul daun merupakan titik akhir, yang dapat dikodekan dengan nilai kuadran homogen (abu-abu atau putih). Kedalaman sebuah quadtree, atau jumlah tingkat dalam hierarki, dapat bervariasi bergantung pada kompleksitas fitur dua dimensi.

Setelah subdivisi selesai, langkah selanjutnya adalah mengkode fitur dua dimensi menggunakan quadtree dan metode pengindeksan spasial. Misalnya, kuadran Barat Laut level-1 (dengan indeks spasial 0) pada Gambar 4.10 memiliki dua simpul daun abu-abu. Simpul pertama, 02, merujuk pada kuadran Tenggara level-2, dan simpul kedua, 032, merujuk pada kuadran level-3.

**Gambar 4.10**

Metode quadtree regional membagi raster ke dalam hierarki kuadran. Pembagian berhenti ketika sebuah kuadran terdiri dari sel-sel dengan nilai yang sama (abu-abu atau putih). Kuadran yang tidak dapat dibagi lagi disebut simpul daun. Dalam diagram, kuadran-kuadran tersebut diindeks secara spasial: 0 untuk Barat Laut, 1 untuk Barat Daya, 2 untuk Tenggara, dan 3 untuk Timur Laut. Dengan menggunakan metode pengindeksan spasial dan struktur quadtree hierarkis, sel-sel abu-abu dapat dikodekan sebagai 02, 032, dan seterusnya. Lihat Bagian 4.5.3 untuk penjelasan lebih lanjut.

Kuadran SE dari kuadran NE level-2. Rangkaian (02, 032) dan lainnya untuk tiga kuadran level-1 lainnya melengkapi pengkodean fitur dua dimensi.

Quadtree regional merupakan metode yang efisien untuk menyimpan data area dan memproses data (Samet 1990). SPANS adalah SIG berbasis quadtree yang dikembangkan pada awal 1990-an (Ebdon 1992). Quadtree juga memiliki kegunaan lain dalam SIG. Para peneliti telah mengusulkan

menggunakan struktur quadtree hierarkis untuk menyimpan, mengindeks, dan menampilkan data global (Tobler dan Chen 1986).

4.5.4 Berkas Header

Untuk mengimpor data raster dari DEM atau citra satelit, paket GIS memerlukan informasi tentang raster, seperti struktur data, luas wilayah,



Kotak 4.3 Contoh File Header

<p>Itu Berikut adalah contoh berkas header untuk DEM GTOPO30 (DEM global dari USGS). Penjelasan setiap entri dalam berkas diberikan setelah /*.</p> <pre> BYTEORDER M /* urutan byte tempat nilai piksel gambar disimpan. M = urutan byte Motorola. LAYOUT BIL /* pengaturan pita dalam berkas. BIL = pita yang disisipkan oleh baris. NROWS 6000 /* jumlah baris dalam gambar. NCOLS 4800 /* jumlah kolom dalam gambar. NBANDS 1 /* jumlah pita spektral dalam gambar. 1 = pita tunggal. NBITS 16 /* jumlah bit per piksel. BANDROWBYTES 9600 /* jumlah byte per pita per baris. </pre>	<p>TOTALROWBYTES 9600 /* jumlah total byte data per baris.</p> <p>BANDGAPBYTES 0 /* jumlah byte antara pita pada citra format BSQ.</p> <p>NODATA - 9999 /* nilai yang digunakan untuk masking tujuan.</p> <p>ULXMAP - 99.9958333333334 /* bujur pusat piksel kiri atas (derajat desimal).</p> <p>ULYMAP 39.9958333333333 /* lintang pusat piksel kiri atas (derajat desimal).</p> <p>XDIM 0,0083333333333 /* dimensi x piksel dalam satuan geografis (derajat desimal).</p> <p>YDIM 0,0083333333333 /* dimensi y piksel dalam satuan geografis (derajat desimal).</p>
--	---

ukuran sel, jumlah pita, dan nilai tanpa data.

Informasi ini sering kali terdapat dalam file header (Kotak 4.3).

Berkas lain selain berkas header dapat menyertai kumpulan data raster. Misalnya, citra satelit mungkin memiliki dua berkas opsional: berkas statistik menjelaskan statistik seperti minimum, maksimum, rerata, dan deviasi standar untuk setiap pita spektral, dan berkas warna mengaitkan warna dengan nilai piksel yang berbeda.

4.6 KOMPRESI DATA RASTER

Kompresi data mengacu pada pengurangan volume data, suatu topik yang sangat penting untuk pengiriman data dan pemetaan web. Kompresi data berkaitan dengan bagaimana data raster dikodekan. Quadtree dan RLE, karena efisiensinya dalam pengkodean data, juga dapat dianggap sebagai metode kompresi data.

Berbagai teknik kompresi data tersedia. Teknik-teknik tersebut bisa lossless atau lossy. **Kompresi lossless** mempertahankan nilai sel atau piksel dan memungkinkan raster atau gambar asli untuk dikompresi.

direkonstruksi secara presisi. Oleh karena itu, kompresi lossless diinginkan untuk data raster yang digunakan untuk analisis atau derivasi data baru. RLE adalah contoh kompresi lossless. Metode lain termasuk LZW (Lempel–Ziv-Welch) dan variasinya (misalnya, LZ77, LZMA). **Kompresi lossy** tidak dapat merekonstruksi citra asli sepenuhnya, tetapi dapat mencapai rasio kompresi yang lebih tinggi daripada kompresi lossless. Oleh karena itu, kompresi lossy berguna untuk data raster yang digunakan sebagai citra latar belakang, alih-alih untuk analisis. Degradasi citra melalui kompresi lossy dapat memengaruhi tugas-tugas terkait SIG seperti mengekstraksi titik kontrol tanah dari foto udara atau citra satelit untuk keperluan georeferensi (Bab 6).

Teknik kompresi gambar yang lebih baru bisa bersifat lossless maupun lossy. Contohnya adalah MrSID (Multi-resolution Seamless Image Database) yang dipatenkan oleh LizardTech Inc. (<http://www.lizardtech.com/>). Multi-resolusi berarti MrSID memiliki kemampuan untuk memanggil kembali data citra pada resolusi atau skala yang berbeda. Seamless berarti MrSID dapat mengompresi citra besar seperti DOQ atau citra satelit dengan subblok dan menghilangkan

batas blok buatan selama proses kompresi.

MrSID menggunakan transformasi wavelet untuk kompresi data. Kompresi berbasis wavelet juga digunakan oleh JPEG 2000 dan ECW (Enhanced Compressed Wavelet).

Transformasi wavelet memperlakukan gambar sebagai gelombang dan secara progresif menguraikan gelombang tersebut menjadi wavelet yang lebih sederhana (Addison 2002). Dengan menggunakan fungsi wavelet (matematis), transformasi tersebut secara berulang merata-ratakan kelompok piksel yang berdekatan (misalnya, 2, 4, 6, 8, atau lebih) dan, pada saat yang sama, mencatat selisih antara nilai piksel asli dan rata-ratanya. Selisih tersebut, yang juga disebut koefisien wavelet, dapat bernilai 0, lebih besar dari 0, atau kurang dari 0. Pada bagian gambar yang memiliki sedikit variasi signifikan, sebagian besar piksel akan memiliki koefisien 0 atau sangat mendekati 0. Untuk menghemat penyimpanan data, bagian gambar ini dapat disimpan pada resolusi yang lebih rendah dengan membulatkan koefisien (Liu, Yuan, dan Lam 2002).

Namun, penyimpanan pada resolusi yang lebih tinggi diperlukan untuk bagian-bagian gambar yang sama yang memiliki variasi signifikan (yaitu, detail yang lebih banyak). Kotak 4.4 menunjukkan contoh sederhana penggunaan fungsi Haar untuk transformasi wavelet.

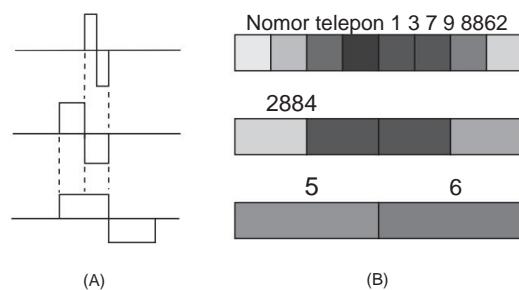
Baik MrSID maupun JPEG 2000 dapat melakukan kompresi lossless maupun lossy. Kompresi lossless menyimpan koefisien wavelet dan menggunakan untuk merekonstruksi citra asli. Di sisi lain, kompresi lossy hanya menyimpan rata-rata dan koefisien yang tidak dibulatkan menjadi 0. Laporan perdagangan menunjukkan bahwa JPEG 2000 dapat mencapai rasio kompresi 20:1 tanpa perbedaan kualitas gambar yang terlihat (yaitu, lossless secara visual). Jika kompresi JPEG 2000 berada pada atau di bawah rasio 10:1, seharusnya dimungkinkan untuk mengekstrak titik kontrol tanah dari foto udara atau citra satelit untuk georeferensi (Liu, Yuan, dan Lam 2002).



A

Wavelet Haar terdiri dari pulsa positif pendek yang diikuti oleh pulsa negatif pendek (Gambar 4.11a). Meskipun pulsa pendek menghasilkan garis bergerigi alih-alih kurva halus, fungsi Haar sangat baik untuk mengilustrasikan transformasi wavelet karena kesederhananya. Gambar 4.11b menunjukkan gambar dengan piksel yang lebih gelap di dekat bagian tengah. Gambar tersebut dikodekan sebagai serangkaian angka. Dengan menggunakan fungsi Haar, kami mengambil rata-rata dari setiap pasangan piksel yang berdekatan. Hasil rata-rata tersebut menghasilkan string (2, 8, 8, 4) dan mempertahankan kualitas gambar asli pada resolusi yang lebih rendah. Namun, jika proses berlanjut, hasil rata-rata tersebut menghasilkan string (5, 6) dan kehilangan bagian tengah yang lebih gelap pada gambar asli.

Misalkan proses berhenti pada string (2, 8, 8, 4). Koefisien waveletnya adalah -1 (1 - 2), -1 (7 - 8), 0 (8 - 8), dan 2 (6 - 4). Dengan membulatkan koefisien-koefisien ini menjadi 0, ruang penyimpanan akan dihemat hingga 2 kali lipat dan kualitas gambar asli tetap dipertahankan. Namun, jika kompresi lossless



Gambar 4.11

Wavelet Haar dan transformasi wavelet. (a) Tiga wavelet Haar pada tiga skala (resolusi). (b) Contoh sederhana transformasi wavelet.

Jika diperlukan, kita dapat menggunakan koefisien untuk merekonstruksi gambar asli. Misalnya, $2 + 1 = 1$ (piksel pertama), $2 + (-1) = 3$ (piksel kedua), dan seterusnya.

4.7 KONVERSI DAN INTEGRASI DATA

Meskipun model data raster dan vektor terintegrasi telah diusulkan dalam literatur (Kjenstad 2006; Goodchild, Yuan, dan Cova 2007), data raster dan vektor tetap terpisah dalam praktiknya. Oleh karena itu, pengguna SIG tertarik untuk mengetahui bagaimana cara menggunakan kedua jenis data ini secara bersamaan untuk proyek. Bagian ini membahas konversi dan integrasi data raster dan vektor.

4.7.1 Rasterisasi

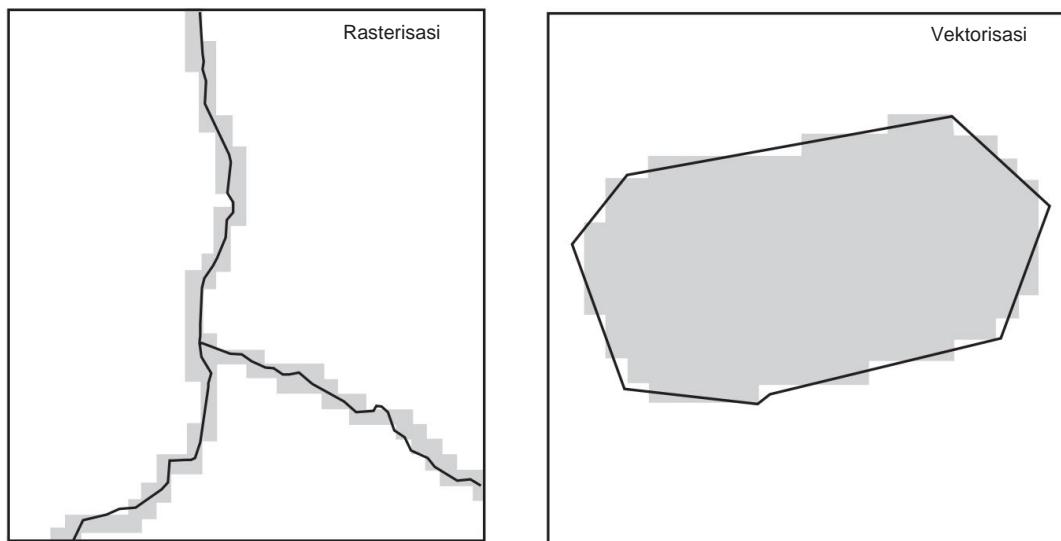
Rasterisasi mengonversi data vektor menjadi data raster (Gambar 4.12). Rasterisasi melibatkan tiga langkah dasar (Clarke 1995). Langkah pertama menyiapkan raster dengan ukuran sel tertentu untuk mencakup luas area data vektor dan awalnya menetapkan semua nilai sel sebagai nol. Langkah kedua mengubah nilai sel yang sesuai dengan titik, garis, atau batas poligon. Nilai sel ditetapkan ke 1 untuk titik, nilai garis untuk garis, dan nilai poligon untuk

Batas poligon. Langkah ketiga mengisi bagian dalam garis luar poligon dengan nilai poligon. Kesalahan akibat rasterisasi biasanya berkaitan dengan desain algoritma komputer, ukuran sel raster, dan kompleksitas batas (Bregt dkk. 1991).

4.7.2 Vektorisasi

Vektorisasi mengonversi data raster menjadi data vektor (Gambar 4.12). Vektorisasi melibatkan tiga elemen dasar: penipisan garis, ekstraksi garis, dan rekonstruksi topologi (Clarke 1995). Garis dalam model data vektor memiliki panjang tetapi tidak memiliki lebar. Namun, garis raster dalam berkas pindaian biasanya memiliki lebar beberapa piksel. Garis raster harus ditipiskan, idealnya hingga selebar 1 sel, untuk vektorisasi. Ekstraksi garis adalah proses menentukan di mana setiap garis dimulai dan berakhir. Rekonstruksi topologi menghubungkan garis yang diekstraksi dan menunjukkan di mana terdapat kesalahan digitalisasi. Hasil konversi raster ke vektor sering kali menunjukkan fitur berjenjang di sepanjang garis diagonal.

Operasi penghalusan garis berikutnya dapat membantu mengurangi artefak tersebut dari data raster.



Gambar 4.12

Di sebelah kiri adalah contoh konversi dari data vektor ke data raster, atau rasterisasi. Di sebelah kanan adalah contoh konversi dari data raster ke data vektor, atau vektorisasi.

4.7.3 Integrasi Data Raster dan Vektor

Integrasi data raster dan vektor dapat dilakukan pada berbagai tingkatan (Hinton 1996). DOQ dan DRG dari USGS didistribusikan sebagai berkas GeoTIFF, yang merupakan berkas TIFF tetapi memiliki data georeferensi yang disematkan sebagai tag. Oleh karena itu, citra-citra ini dapat diposisikan dengan tepat dan digunakan sebagai latar belakang untuk tampilan data dan sebagai sumber untuk digitalisasi atau penyuntingan data vektor. Berkas hasil pemindaian dua tingkat merupakan masukan untuk digitalisasi fitur garis atau poligon (Bab 5). DEM merupakan sumber data terpenting untuk mendapatkan fitur topografi seperti kontur, kemiringan, aspek, jaringan drainase, dan daerah aliran sungai (Bab 13 dan 14). Fitur-fitur topografi ini dapat disimpan dalam format raster maupun vektor.

Citra satelit georeferensi mirip dengan DOQ, berguna untuk ditampilkan bersama fitur spasial lain seperti lokasi bisnis, jalan, kios, dan persil (Kotak 4.5). Citra satelit juga mengandung data spektral kuantitatif yang dapat diolah untuk menghasilkan lapisan seperti tutupan lahan, vegetasi, urbanisasi, akumulasi salju, dan degradasi lingkungan. Misalnya, basis data tutupan lahan USGS untuk wilayah Amerika Serikat yang berbasaran langsung semuanya didasarkan pada citra Land-sat TM (Jin dkk. 2013).

Data vektor secara rutin digunakan sebagai informasi tambahan untuk pemrosesan citra satelit (Rogan dkk. 2003). Stratifikasi citra adalah salah satu contohnya. Stratifikasi citra menggunakan data vektor untuk membagi lanskap menjadi area-area utama dengan karakteristik berbeda, kemudian memperlakukan area-area tersebut secara terpisah dalam pemrosesan dan klasifikasi citra. Contoh lain adalah penggunaan data vektor dalam pemilihan titik kontrol untuk georeferensi data penginderaan jauh (Couloigner dkk. 2002).

Perkembangan terkini menunjukkan integrasi SIG dan penginderaan jauh yang lebih erat. Paket SIG dapat membaca berkas yang dibuat dalam paket pemrosesan citra, dan sebaliknya. Misalnya, ArcGIS mendukung berkas yang dibuat dalam ERDAS (berkas IMAGINE, GIS, dan LAN) dan ER Mapper. ArcGIS 10 memperkenalkan jendela Analisis Citra, yang menyediakan akses ke teknik pemrosesan citra yang umum digunakan seperti klipping, masking, ortorektifikasi, filter konvolusi, dan mosaik. Terdapat juga ekstensi pada paket SIG untuk memproses citra satelit. Plug-in Feature Analyst untuk ArcGIS, misalnya, dapat mengekstrak fitur seperti bangunan, jalan, dan fitur air langsung dari citra satelit, terutama yang beresolusi tinggi (<http://www.vls-inc.com/>).

Karena citra satelit resolusi tinggi semakin diterima di kalangan pengguna GIS, hubungan yang lebih kuat antara GIS dan penginderaan jarak jauh dapat diharapkan.



Sebelumnya data untuk spesialis, citra satelit adalah Kini, hal ini sering terlihat di internet dan media publik. Tren ini berasal dari Digital Earth, sebuah inisiatif internasional yang diusulkan oleh Al Gore pada tahun 1998 untuk sebuah sistem informasi yang mudah digunakan yang memungkinkan pengguna melihat citra terintegrasi dan data vektor Bumi. Banyak lembaga nasional yang telah menerapkan Digital Earth secara daring.

Konsep Bumi Digital telah diadopsi oleh Google Maps, Yahoo! Maps, dan Microsoft Virtual

Bumi (Bab 1). Di ketiga sistem ini, citra satelit georeferensi dapat ditampilkan dengan lapisan batas wilayah, jalan, pusat perbelanjaan, sekolah, bangunan 3D, dan jenis data vektor lainnya. Sistem ini juga menyediakan fungsi seperti "terbang ke", "pencarian lokal", dan "petunjuk arah" untuk manipulasi tampilan.

Sebagai catatan terkait, Masyarakat Internasional untuk Bumi Digital didirikan di Beijing, Cina, pada tahun 2006. Masyarakat ini telah menyelenggarakan simposium setiap tahun sejak 2006.

KONSEP DAN ISTILAH UTAMA

Berkas pindaian dua tingkat: Berkas pindaian berisi nilai 1 atau 0.

Pengkodean sel demi sel: Struktur data raster yang menyimpan nilai sel dalam matriks berdasarkan baris dan kolom.

Kompresi data: Pengurangan volume data, terutama untuk data raster.

Model elevasi digital (DEM): Model digital dengan rangkaian data elevasi yang berjarak seragam dalam format raster.

Ortofoto quad digital (DOQ): Gambar digital di mana perpindahan yang disebabkan oleh kemiringan kamera dan relief medan telah dihilangkan dari foto udara.

Grafik raster digital (DRG): Gambar pindaian peta topografi USGS.

Esri grid: Format milik Esri untuk data raster.

Raster titik-mengambang: Raster yang berisi sel-sel nilai berkelanjutan.

Raster yang digeoreferensikan: Raster yang telah diproses agar selaras dengan sistem koordinat yang diproyeksikan.

Raster bilangan bulat: Raster yang berisi nilai sel bilangan bulat.

Landsat: Satelit yang mengorbit dan menyediakan citra berulang permukaan Bumi. Landsat 8 terbaru diluncurkan pada Februari 2013.

Kompresi lossless: Satu jenis kompresi data yang memungkinkan gambar asli direkonstruksi secara tepat.

Kompresi lossy: Satu jenis kompresi data yang dapat mencapai rasio kompresi tinggi tetapi tidak dapat merekonstruksi sepenuhnya gambar asli.

Quadtree: Struktur data raster yang membagi raster menjadi hierarki kuadran.

Model data raster: Model data yang menggunakan baris, kolom, dan sel untuk membangun fitur spasial.

Rasterisasi: Konversi data vektor ke data raster.

Pengkodean panjang-run (RLE): Struktur data raster yang merekam nilai sel berdasarkan baris dan grup. Berkas yang dikodekan sepanjang-run juga disebut berkas terkompresi sepanjang-run (RLC).

Vektorisasi: Konversi data raster ke data vektor.

Transformasi wavelet: Teknik kompresi gambar yang memperlakukan gambar sebagai gelombang dan secara progresif menguraikan gelombang menjadi wavelet yang lebih sederhana.

PERTANYAAN ULASAN

1. Apa saja elemen dasar data raster? model?
2. Jelaskan kelebihan dan kekurangan model data raster dibandingkan dengan model data vektor.
3. Sebutkan masing-masing dua contoh untuk raster integer dan raster floating-point.
4. Jelaskan hubungan antara ukuran sel, resolusi data raster, dan representasi raster fitur spasial.

5. Anda diberikan informasi berikut pada DEM 30 meter:

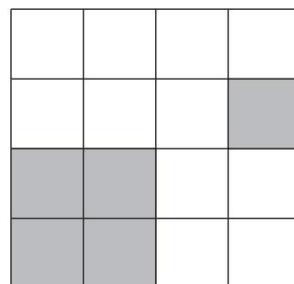
- Koordinat UTM dalam meter di kiri bawah sudut: 560635, 4816399
- Koordinat UTM dalam meter di sudut kanan atas: 570595, 4830380

Berapa baris yang dimiliki DEM? Berapa kolom yang dimiliki DEM? Berapa koordinat UTM di tengah sel (baris 1, kolom 1)?

6. Jelaskan perbedaan antara pasif dan pasif sistem satelit aktif.
7. Kunjungi situs web DigitalGlobe (<http://www.satimagingcorp.com/>), dan lihatlah contoh citra beresolusi sangat tinggi.
8. Apa itu model elevasi digital?
9. Jelaskan tiga sumber data baru untuk menghasilkan DEM.
10. Kunjungi situs web Peta Nasional USGS (http://nationalmap.gov/3dep_prodserv.html#) dan memeriksa jenis data DEM yang tersedia dari USGS.

11. Cari di Google pusat data GIS untuk negara bagian Anda. Kunjungi situs web pusat data tersebut. Apakah situs web tersebut menawarkan DEM, DRG, dan DOQ USGS secara daring? Apakah situs web tersebut menawarkan DEM USGS 30 meter dan 10 meter?
12. Gunakan diagram untuk menjelaskan cara kerja metode pengkodean panjang-lari.

13. Lihat gambar berikut, gambarlah sebuah quadtree, dan berikan kode indeks spasial dari fitur yang diarsir (spasial).



14. Jelaskan perbedaan antara metode kompresi lossless dan lossy.
15. Apa itu vektorisasi?
16. Gunakan contoh dari disiplin ilmu Anda dan jelaskan kegunaan integrasi data vektor dan raster.

APLIKASI: MODEL DATA RASTER

Bagian aplikasi ini membahas model data raster dalam empat tugas. Tiga tugas pertama memungkinkan Anda melihat tiga jenis data raster: DEM, citra Landsat™, dan citra tutupan lahan. Tugas 4 mencakup konversi dua shapefile, satu garis dan satu poligon, menjadi data raster.

Tugas 1 Melihat dan Mengimpor Data DEM

Yang Anda butuhkan: menanbuttes.txt, berkas teks berisi data elevasi. Berkas ini adalah berkas DEM berkod USGS ASCII.

1. Luncurkan ArcMap. Jalankan Katalog di ArcMap, lalu hubungkan ke database Bab 4. Klik dua kali menanbuttes.txt untuk membukanya. Enam baris pertama dalam menanbuttes.txt berisi informasi berkas header. Informasi tersebut menunjukkan bahwa DEM memiliki 341 kolom dan 466 baris, bahwa sudut kiri bawah DEM memiliki koordinat x dan y (419475, 4844265), dan bahwa

Ukuran sel adalah 30 (meter), dan sel Tanpa Data diberi kode -9999. Nilai elevasi dicantumkan setelah informasi berkas header. Tutup berkasnya.

2. Ubah nama bingkai data Tugas 1. Pertama, Anda akan mengonversi menanbuttes.txt menjadi raster. Klik ArcToolbox untuk membukanya. Klik kanan ArcToolbox, pilih Environments, dan atur ruang kerja saat ini dan scratch menjadi basis data Bab 4. Klik dua kali alat ASCII ke Raster di perangkat Alat Konversi/Ke Raster. Pada dialog berikutnya, pilih menanbuttes.txt untuk berkas raster ASCII masukan, simpan raster keluaran sebagai menanbuttes di basis data Bab 4, dan klik OK untuk menjalankan konversi.

3. Langkah ini memeriksa properti menanbuttes. Klik kanan menanbuttes di daftar isi dan pilih Properti. Tab Sumber menunjukkan informasi tentang

90 BAB 4 Model Data Raster

Menanbuttes dibagi menjadi empat kategori: informasi raster, luasan, referensi spasial, dan statistik. Dalam bentuk grid integer dengan ukuran sel 30 (meter), Menanbuttes memiliki elevasi minimum 4771 (kaki) dan elevasi maksimum 5619. Referensi spasial terdaftar sebagai tidak terdefinisi.

Q1. Berapakah koordinat x dan y di pojok kiri atas menanbuttes?

Q2. Bisakah Anda memverifikasi kebenaran jawaban Anda untuk Q1 dengan merujuk pada koordinat x dan y di pojok kiri bawah seperti yang tercantum dalam informasi berkas header?

4. Langkah ini untuk mengubah simbologi menanbuttes ke skema warna konvensional.

Pada tab Simbologi di dialog Properti Lapisan, klik kanan kotak Color Ramp dan hapus centang Tampilan Grafis. Kemudian, pilih Elevasi #1 dari menu tarik-turun Color Ramp. Tutup dialog Properti. ArcMap sekarang menampilkan lanskap dramatis dari bukit kembar tersebut.

Tugas 2 Melihat Citra Satelit

Yang Anda butuhkan: tmrect.bil, citra Landsat TM yang terdiri dari lima pita pertama.

Tugas 2 memungkinkan Anda melihat citra Landsat TM dengan lima pita. Dengan mengubah penetapan warna pita, Anda dapat mengubah tampilan citra.

1. Klik Katalog di ArcMap untuk membukanya. Kanan-klik tmrect.bil di pohon Katalog dan pilih Properti. Tab Umum menunjukkan bahwa tmrect.bil memiliki 366 baris, 651 kolom, 5 pita, dan kedalaman piksel (sel) 8 bit.

Q3. Bisakah Anda memverifikasi bahwa tmrect.bil disimpan dalam format pita yang disisipkan berdasarkan garis?

Q4. Berapa ukuran piksel (dalam meter) tmrect.bil?

2. Masukkan bingkai data baru dan ganti namanya menjadi Tugas 2.Tambahkan tmrect.bil ke Tugas 2. Abaikan pesan referensi spasial yang tidak diketahui. Daftar isi menunjukkan tmrect.bil sebagai Komposit RGB dengan Merah untuk Pita_1, Hijau untuk Pita_2, dan Biru untuk Pita_3.

3. Pilih Properti dari menu konteks tmrect.bil. Pada tab Simbologi, gunakan menu tarik-turun untuk mengubah komposisi RGB: Merah untuk Pita_3, Hijau untuk Pita_2, dan Biru untuk Pita_1. Klik OK. Anda akan melihat gambar sebagai foto berwarna.

4. Selanjutnya, gunakan komposit RGB berikut: Merah untuk Pita_4, Hijau untuk Pita_3, dan Biru untuk Pita_2. Anda akan melihat gambar sebagai foto inframerah berwarna.

Tugas 3 Melihat Gambar Penutup Lahan

Yang Anda butuhkan: Hawaii_LandCover_2005.img, raster penutup lahan dalam format gambar IMAGINE.

Hawaii_LandCover_2005.img, raster tutupan lahan yang berasal dari citra MODIS (Bagian 4.2.5), diunduh dari situs web USGS pada Sistem Pemantauan Perubahan Lahan Amerika Utara (<http://landcover.usgs.gov/nalcms.php>). ArcGIS dapat membaca format citra IMAGINE secara langsung.

1. Masukkan bingkai data baru dan ganti namanya menjadi Tugas 3. Tambahkan Hawaii_LandCover_2005.img ke Tugas 3. Keterangan menunjukkan delapan jenis tutupan lahan di Hawaii. Anda dapat memperbesar gambar untuk melihat lebih dekat distribusi tutupan lahan.

2. Pilih Properti dari menu konteks Hawaii_LandCover_2005.img. Tab Sumber berisi informasi format gambar IMAGINE tentang raster.

Q5. Berapa resolusi spasial Hawaii? LandCover_2005.img?

Q6. Metode kompresi apa yang digunakan untuk Hawaii_LandCover_2005.img?

Tugas 4 Mengonversi Data Vektor ke Data Raster

Yang Anda butuhkan: nwroads.shp dan nwcounties.shp, shapefile yang masing-masing menunjukkan jalan raya utama dan kabupaten di Pacific Northwest.

Pada Tugas 4, Anda akan mengonversi shapefile garis (nwroads.shp) dan shapefile poligon (nwcounties.shp) menjadi raster. Meliputi Idaho, Washington, dan Oregon, kedua shapefile tersebut diproyeksikan ke proyeksi kerucut konformal Lambert dan diukur dalam meter.

1. Masukkan bingkai data baru di ArcMap dan ganti namanya menjadi Tugas 4. Tambahkan nwroads.shp dan nwcounties.shp ke Tugas 4.
2. Buka ArcToolbox. Klik dua kali alat Fitur ke Raster di set alat Alat Konversi/Ke Raster. Pilih nwroads untuk fitur input, pilih RTE_NUM1 (nomor jalan raya) untuk kolom, simpan raster output sebagai nwroads_gd, masukkan 5000 untuk ukuran sel output, dan klik OK untuk menjalankan konversi. nwroads_gd muncul di peta dengan warna yang berbeda. Setiap warna mewakili jalan raya bermotor. Jalan raya terlihat seperti blok karena ukuran sel yang besar (5000 meter).
3. Klik dua kali alat Fitur ke Raster lagi. Pilih nwcounties untuk fitur input, pilih FIPS untuk bidang, simpan raster output sebagai nwcounties_gd, masukkan 5000 untuk ukuran sel output, dan klik OK. nwcounties_gd muncul di peta dengan simbol yang mewakili nilai klasifikasi dari 1 hingga 119 (119 adalah jumlah total kabupaten). Klik dua kali nwcounties_gd di daftar isi. Pada tab Simbologi, pilih Nilai Unik di kotak Tampilkan dan klik OK. Sekarang peta menampilkan nwcounties_gd dengan simbol unik untuk setiap kabupaten.

Q7. nwcounties_gd memiliki 157 baris dan 223 kolom umns. Jika Anda menggunakan 2500 untuk ukuran sel keluaran, berapa banyak baris yang akan dimiliki kisi keluaran?

Tugas Tantangan

Apa yang Anda butuhkan: cwater.img, raster floating-point dalam format IMAGINE

Raster floating-point membutuhkan lebih banyak memori komputer dan waktu pemrosesan data daripada raster integer (Bagian 4.1.1). Tugas tantangan ini meminta Anda untuk mengonversi cwater.img menjadi raster integer.

1. Masukkan bingkai data ke dalam ArcMap dan ganti namanya menjadi Challenge. Tambahkan cwater.img ke Challenge. Klik kanan cwater.img, dan temukan jawaban untuk pertanyaan berikut pada tab Sumber.
 - Q1. Berapa ukuran sel cwater.img?
 - Q2. Berapa ukuran cwater.img yang tidak dikompresi?
 - Q3. Berapa tingkat piramida yang ada di cwater.img? memiliki?
 2. Gunakan alat Int di Alat Analis Spasial/Perangkat Matematika/Trigonometri untuk mengonversi cwater.img ke raster integer dan menamakannya int_cwater.img.
 - Q4. Berapa ukuran terkompresi dari int_cwater.img?

REFERENSI



- Addison, PS 2002. Buku Pegangan Transformasi Wavelet Berilustrasi. Bristol, Inggris: Institute of Physics Publishing.
- Bregt, AK, J. Denneboom, HJ Gesink, dan Y. Van Randen. 1991. Penentuan Raster-Kesalahan Pengukuran: Studi Kasus dengan Peta Tanah Belanda. Jurnal Internasional Sistem Informasi Geografis 5:361–67.
- Campbell, JB, dan RH Wynne. 2011. Pengantar Jarak Jauh
- Sensing, edisi ke-5. New York: The Guilford Press.
- Capaldo, P., M. Crespi, F. Frant-arcangeli, A. Nascenti, dan F. Pieralice. 2012. Generasi DSM-Penginderaan Jauh Eropa: Aplikasi dengan WorldView-1 dan GeoEye-1. Jurnal Penginderaan Jauh Eropa 44:41–53.
- Clarke, KC 1995. Analisis dan Kartografi Komputer, edisi ke-2. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Couloigner, I., KPB Thomson, Y. Bedard, B. Moulin, E. Le Blanc, C. Djima, C. Latouche, dan N. Spicher. 2002. Menuju Otomatisasi Pemilihan Titik Kontrol Tanah pada Citra Radarsat Menggunakan Basis Data Topografi dan Pencocokan Data Berbasis Vektor. Teknik Fotogrametri dan Penginderaan Jauh 68:433–40.
- Ebdon, D. 1992. SPANS—GIS Berbasis Quadtree. Komputer & Geosains 18:471–75.

- Farr, TG, dkk. 2007. Misi Topografi Radar Pesawat Ulang-alik. Tinjauan Geofisika 45, RG2004, doi:1029/2005RG000183.
- Flood, M. 2001. Laser Altimetri: Dari Sains ke Komersial Pemetaan LIDAR. Teknik Fotogrametri dan Penginderaan Jauh 67:1209–17.
- Goodchild, MF, M. Yuan, dan T.Cova. 2007. Menuju Jendral Teori Representasi Geografis dalam SIG. Jurnal Internasional Jurnal Ilmu Informasi Geografis 21:239–60.
- Hinton, JE 1996. Integrasi SIG dan Penginderaan Jauh untuk Aplikasi Lingkungan. Jurnal Internasional Sistem Informasi Geografis 10:877–90.
- Jensen, JR 2004. Pengolahan Citra Digital Pengantar: Perspektif Penginderaan Jauh, edisi ke-3. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Jin, S., L. Yang, P. Danielson, C. Homer, J. Fry, dan G. Xian. 2013. Metode Deteksi Perubahan Komprehensif untuk Pemutakhiran Basis Data Penutup Lahan Nasional hingga sekitar tahun 2011. Penginderaan Jauh Lingkungan 132:159–75.
- Kjenstad, K. 2006. Tentang Integrasi Penerapan Model Berbasis Objek dan Model Berbasis Lapangan dalam SIG. Jurnal Nasional Ilmu Informasi Geografis 20:491–509.
- Lefsky, MA 2010. Peta Tinggi Kanopi Hutan Global dari Spektroradiometer Pencitraan Resolusi Sedang dan Sistem Altimeter Laser Geosains. Surat Penelitian Geofisika 37:L15401.
- Li, Z., X. Yuan, dan KWK Lam. 2002. Pengaruh Kompresi JPEG terhadap Akurasi Penentuan Titik Fotogrametri. Teknik Fotogrametri dan Penginderaan Jauh 68:847–53.
- Lillesand, TM, RW Kiefer, dan JW Chipman. 2015. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra, Edisi ke-7. New York: Wiley.
- Liu, X. 2008. Airborne LiDAR untuk Pembuatan DEM: Beberapa Kritik Isu-isu Kal. Kemajuan dalam Geografi Fisik 32:31–49.
- Liu, X., Z. Zhang, J. Peterson, dan S. Chandra. 2007. Informasi Kontrol Tanah Berkualitas Tinggi yang Diperoleh dari LiDAR dan DEM untuk Ortorektifikasi Gambar. Geoinformatica 11:37–53.
- Ouedraogo, MM, A. Degré, C. Debouche, dan J. Lisein. 2014. Evaluasi Kendaraan Tanpa Awak Fotogrammetri Berbasis Sistem Udara dan Pemindai Laser Terestrial untuk Menghasilkan DEM Daerah Aliran Sungai Pertanian. Geomorfologi 214:339–55.
- Rogan, J., J. Miller, D. Stow, J. Franklin, L. Levien, dan C. Fischer. 2003. Tutupan Lahan Pemetaan Perubahan di California menggunakan Pohon Klasifikasi dengan Landsat TM dan Data Tambahan. Teknik Fotogrametri dan Penginderaan Jauh 69:793–804.
- Samet, H. 1990. Desain dan Analisis Struktur Data Spasial. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Suárez, JC, C. Ontiveros, S. Smith, dan S. Snape. 2005. Penggunaan Airborne LiDAR dan Fotografi Udara dalam Estimasi Tinggi Pohon Individu di Bidang Kehutanan. Komputer & Geosains 31:253–62.
- Tobler, W., dan Z. Chen. 1986. Sebuah Quadtree untuk Penyimpanan Informasi Global. Analisis Geografis 18:360–71.
- Tomlin, CD 1990. Sistem Informasi Geografis dan Pemodelan Kartografi. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.