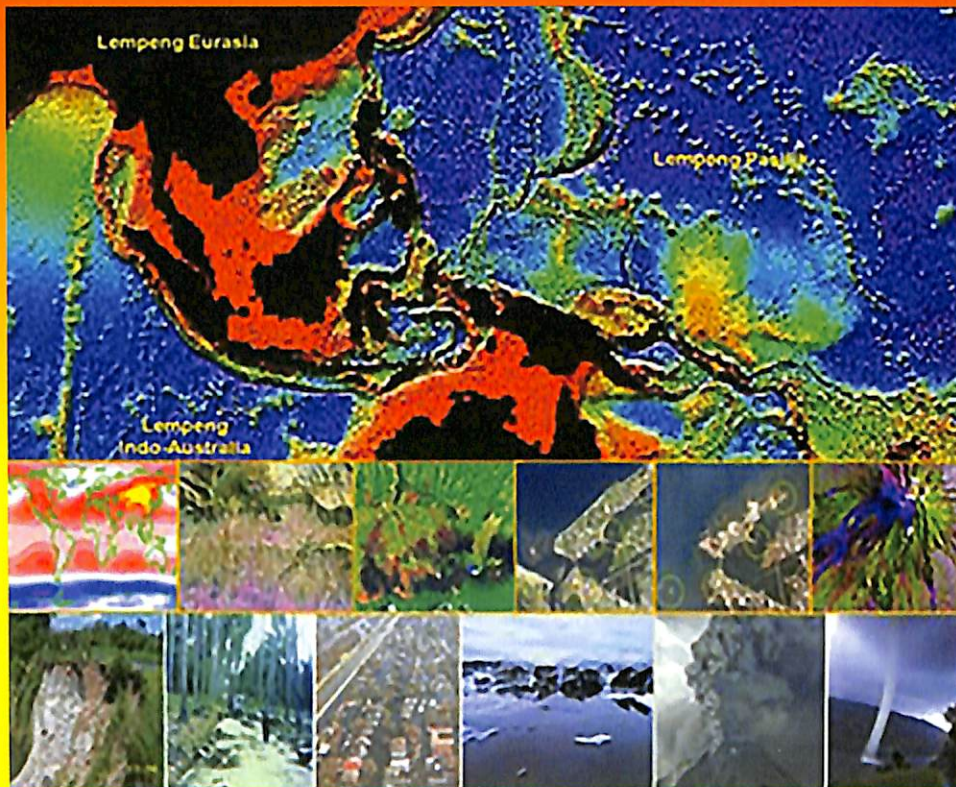


TERAPAN PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DALAM MITIGASI BENCANA BERASPEK GEOLOGI

BUKU 1



Afiat Anugrahadi
F. Sri Hardiyanti Purwadhi
Nanik Suryo Haryani



PENERBIT UNIVERSITAS TRISAKTI, JAKARTA

**TERAPAN PENGINDERAAN JAUH DAN
SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DALAM
MITIGASI BENCANA
BERASPEK GEOLOGI**

BUKU 1

Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-Undang.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian maupun keseluruhan isi buku ini dalam bentuk apa pun, tanpa izin tertulis dari penerbit.

Judul Buku : Terapan Sistem Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi dalam Mitigasi Bencana Beraspek Geologi

Penulis : Afiat Anugrahadi
F. Sri Hardiyanti Purwadi,
Nanik Suryo Haryani

Editor : Aris Poniman
Albert Hernawan PB
Denny Suwanda Djohor
Fajar Hendrasto

Desain Sampul : Albert Hernawan PB
F. Sri Hardiyanti Purwadhi

Diterbitkan oleh : Penerbit Universitas Trisakti, Jakarta

Cetakan Pertama : Desember 2016

ISBN : 978-602-9463-80-4

Sanksi Pelanggaran :

Pasal 72 Undang-Undang No. 19 Tahun 2002 tentang Hak Cipta

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1(satu) bulan dan atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,- (satu juta rupiah) atau penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,- (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak terkait sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dipidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

**Afiat Anugrahadi
F. Sri Hardiyanti Purwadhi
Nanik Suryo Haryani**

**TERAPAN PENGINDERAAN JAUH DAN
SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DALAM
MITIGASI BENCANA
BERASPEK GEOLOGI**

BUKU 1



PENERBIT UNIVERSITAS TRISAKTI, JAKARTA

Judul Buku 1 :

**TERAPAN PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS
DALAM MITIGASI BENCANA BERASPEK GEOLOGI**

Penulis :

Afiat Anugrahadi

F. Sri Hardiyanti Purwadhi

Nanik Suryo Haryani

Editor :

Aris Poniman

Albert Hernawan PB

Denny Suwanda Djohor

Fajar Hendrasto

Desain Sampul :

Albert Hernawan PB

F. Sri Hardiyanti Purwadhi

Penjelasan Gambar Sampul :

1. Citra SRTM tumbukan lempeng sekitar Indonesia
2. Analisis "Mean Sea Level Presures" bulan Januari
3. Citra Landsat 7 ETM Sesar Lembang, Bandung, 2001
4. Citra Landsat 7 ETM Gunung Bromo; Jawa Timur, 2003
5. Citra Aceh (sebelum dan sesudah tsunami 2004)
6. Lipatan Dasar laut (young breakout of frontal fold) Aceh (Natsushima Cruise, 2004)
7. Kenampakan lapangan bencana tanah longsor, bekas tsunami, lahan kritis, letusan gunung Sinabung, Gunung Krakatau, dan Gunung Kelud.

Cetakan Pertama : Desember 2016

Diterbitkan oleh : Penerbit Universitas Trisakti, Jl. Kyai Tapa No. 1 Grogol
Jakarta 11440, 2016

ISBN : 978-602-9463-80-4

PENGANTAR DARI PENULIS

Puji syukur tidak henti-hentinya kami haturkan ke hadirat Allah SWT, atas karunia-Nya dan ridho-Nya serta semua rahmat yang telah diberikan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan buku 1 "Terapan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis dalam Mitigasi Bencana beraspek Geologi ". Pembicaraan dalam buku ini diawali dengan pendahuluan yang berisikan latar belakang, manfaat integrasi teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG) dalam kebencanaan, batasan dan pengertian; prinsip dasar bencana; mitigasi bencana beraspek geologi; pada buku 2 "Terapan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis dalam Mitigasi Bencana beraspek Hidrometeorologi". Terapan penginderaan jauh dan SIG dalam ilmu geologi dan geomorfologi, terapan penginderaan jauh dan SIG dalam ilmu hidrometeorologi; mitigasi bencana beraspek hidrometeorologi.

Buku ini bersifat lanjutan, terutama bagi para mahasiswa, dan mereka yang telah memperoleh pengertian dasar teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG), dasar-dasar ilmu kebumian (geologi, geomorfologi, geografi, meteorologi dan klimatologi). Sebelum membaca buku ini dipersilahkan membaca buku "Pengantar Interpretasi Penginderaan Jauh" dan "Interpretasi Citra Digital", karena cara, teori pengolahan, dan pemrosesan citra penginderaan jauh tidak dibahas lagi dalam buku ini. Keberadaan buku ini diharapkan dapat membantu mahasiswa, para pengguna data penginderaan jauh dan sistem informasi geografis untuk inventarisasi, identifikasi, pemantauan, kemungkinan prediksi bencana, yang sangat bermanfaat untuk mitigasi bencana. Buku ini juga dapat digunakan sebagai referensi bagi pengambil keputusan di tingkat Pusat dan Daerah, serta sebagai panduan dalam melaksanakan kegiatan bagi pihak-pihak yang bergerak dalam pengembangan wilayah yang berwawasan kebencanaan.

Buku ini diterbitkan atas bantuan berbagai pihak, maka tidak berlebihan bila pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada Kepala Penerbit Universitas Trisakti yang telah menerbitkan buku ini. Terima kasih kepada Kepala Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) yang sebagian dokumentasinya digunakan dalam buku ini. Terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknologi Kebumihan

dan Energi (FTKE) Universitas Trisakti (USAKTI), Ketua Jurusan Teknik Geologi FTKE USAKTI dan Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Indonesia (UI), Kepala Departemen Geografi, FMIPA UI, di mana transkrip buku ini telah kami gunakan untuk referensi mata kuliah bagi mahasiswa Program Sarjana Teknik Geologi FTKE USAKTI dan Program Magister Ilmu Geografi FMIPA UI. Terima kasih pada rekan-rekan peneliti yang telah bekerja sama dalam berbagai penelitian, yang sebagian hasilnya telah dimuat dalam buku ini. Terima kasih pada semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam mempersiapkan buku ini.

Buku 1 "Terapan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis dalam Mitigasi Bencana beraspek Geologi" ini telah kami upayakan penampilannya sebaik mungkin, namun teknologi penginderaan jauh, sistem informasi geografis, dan teknologi komputer sebagai perangkat pengolahan data, merupakan ilmu yang sedang berkembang. Demikian juga aplikasi dari integrasi teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis masih akan terus berkembang sesuai dengan kemajuan teknologi sensor penginderaan jauh, teknologi komputer, dan tuntutan jaman. Oleh karena itu penulis sangat berterima kasih atas saran, kritik, dan masukan yang membangun dari semua pihak, terutama dari pakar-pakar dalam bidang/ilmu yang sama. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi para penggunanya. Aamiin.

Jakarta, Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG.....	1
1.1.1. Ilmu Pengetahuan dan Teknologi untuk Mitigasi Bencana	3
1.1.2. Tujuan	5
1.1.3. Ruang Lingkup Pembahasan	6
1.2. PRINSIP TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH	7
1.2.1. Perekaman Data Penginderaan Jauh	9
1.2.2. Sensor Penginderaan Jauh	11
1.2.3. Penginderaan Jauh Saat Ini	11
1.3. PEMANFAATAN PENGINDERAAN JAUH UNTUK KEBENCANAAN .	14
1.3.1. Karakteristik NOAA untuk Kebencanaan	16
1.3.2. Karakteristik <i>Terra-Aqua</i> MODIS untuk Kebencanaan	21
1.3.3. Karakteristik Landsat untuk Kebencanaan	23
1.3.4. Karakteristik SPOT untuk Kebencanaan.....	28
1.3.5. Karakteristik <i>Pléiades</i> untuk Kebencanaan.....	36
1.3.6. Karakteristik <i>Quickbird</i> untuk Kebencanaan	40
1.3.7. Karakteristik <i>Worldview</i> untuk Kebencanaan	41
1.3.8. Karakteristik IKONOS untuk Kebencanaan	43
1.4. KONSEP DASAR SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG).....	46
1.4.1. Informasi Geografis.....	47
1.4.2. Komponen dan Perangkat SIG	48
1.4.3. Penyusunan Basis data dalam SIG	50
1.4.4. Kompilasi Data dan Informasi dalam Basis Data SIG	53
1.4.5. Analisis Sistem Informasi Geografis	56
1.4.6. Integrasi Penginderaan Jauh dan SIG.....	59
1.5. BATASAN DAN PENGERTIAN	66

BAB II PRINSIP DASAR BENCANA DAN KAJIANNYA	81
2.1. PRINSIP DASAR BENCANA	81
2.1.1. Karakteristik Bencana.....	82
2.1.2. Pengurangan Bencana	83
2.2. PENGELOLAAN DAN PENANGGULANGAN BENCANA	86
2.2.1. Tahap Prabencana.....	89
2.2.2. Tahap Tanggap Darurat.....	91
2.2.3. Tahap Pascabencana	93
2.2.3.1. Rehabilitasi pascabencana.....	93
2.2.3.2. Rekonstruksi	95
2.3. KAJIAN PENANGGULANGAN BENCANA	96
2.3.1. Kerangka Aksi Hyogo.....	96
2.3.2. Konsepsi Kajian Bencana.....	97
2.3.3. Kajian Ancaman Bahaya.....	101
2.3.4. Kajian Kerawanan/ Kerentanan Bencana	105
2.3.5. Kajian Kapasitas Bencana.....	112
2.3.6. Kajian Risiko Bencana	120
2.3.7. Kajian Mitigasi Bencana	137
2.3.8. Kajian dengan Konsep PSR dan DPSIR.....	140
2.3.8.1. Kajian dengan konsep PSR.....	141
2.3.8.2. Kajian dengan konsep DPSIR.....	144
2.4. PERATURAN PERUNDANG-UNDANGAN	147
2.5. KELEMBAGAAN PENANGGULANGAN BENCANA.....	152
BAB III MITIGASI BENCANA BERASPEK GEOLOGI	155
3.1. MITIGASI BENCANA GEMPA BUMI.....	155
3.1.1. Karakteristik Gempa Bumi di Indonesia	155
3.1.1.1. Karakteristik gempa bumi tektonik di Indonesia ...	161
3.1.1.1.1. Zone sumber gempa bumi busur	
pulau	164
3.1.1.1.2. Zone sumber gempa bumi patahan	
aktif	166
3.1.1.1.3. Zone sumber gempa patahan	
tersebar	175

3.1.1.2.	Karakteristik gempa bumi vulkanik di Indonesia ...	177
3.1.1.3.	Karakteristik gempa bumi runtuh di Indonesia..	179
3.1.1.4.	Karakteristik gempa bumi dan bahaya ikutan	179
3.1.2.	Pantauan dan Penilaian Kerusakan Akibat Gempa Bumi	181
3.1.3.	Prediksi Potensi Bencana Gempa Bumi	186
3.1.4.	Pengelolaan Bencana Gempa Bumi	187
3.1.4.1.	Informasi wilayah bencana gempa bumi	188
3.1.4.2.	Kajian risiko bencana gempa bumi.....	190
3.2.	MITIGASI BENCANA TSUNAMI.....	199
3.2.1.	Pengertian dan Karakteristik Bencana Tsunami.....	201
3.2.2.	Pantauan dan Penilaian Bencana Tsunami	206
3.2.2.1.	Pendekatan geomorfologigensis untuk tsunami..	206
3.2.2.2.	Intensitas gempa bumi dan tsunami di Indonesia	209
3.2.2.3.	Kerusakan akibat tsunami di Indonesia.....	212
3.2.3.	Prediksi Bencana Tsunami di Indonesia	216
3.2.4.	Kajian Risiko Bencana Tsunami di Indonesia.....	220
3.2.5.	Penentuan dan Pembuatan Jalur Evakuasi Tsunami di Indonesia	223
3.3.	MITIGASI BENCANA GUNUNG API.....	227
3.3.1.	Bentuk, Tipe, Struktur, dan Letusan Gunung Api.....	228
3.3.2.	Bencana Gunungapi di Indonesia	235
3.3.2.1.	Bencana gunung kelud	239
3.3.2.2.	Bencana gunung tambora	241
3.3.2.3.	Bencana gunung Krakatau	244
3.3.2.4.	Bencana gunung Merapi.....	248
3.3.2.5.	Bencana gunung Sinabung	252
3.3.2.6.	Bencana gunung lainnya.....	255
3.3.3.	Pengelolaan Bencana Gunung Api	256
3.3.3.1.	Informasi wilayah bencana letusan gunung api.....	257
3.3.3.2.	Kajian risiko bencana letusan gunung api	258
3.4.	MITIGASI BENCANA TANAH LONGSOR	261
3.4.1.	Jenis-jenis Tanah Longsor	262
3.4.2.	Penyebab Terjadinya Tanah Longsor	265

3.4.2.1. Faktor curah hujan.....	268
3.4.2.2. Faktor kelerengan atau kestabilan lereng	269
3.4.2.3. Faktor aktivitas manusia.....	271
3.4.2.4. Faktor geologi	273
3.4.2.4.1. Kestabilan bidang kontak antar batuan	273
3.4.2.4.2. Bidang lemah bekas longsor lama	275
3.4.2.4.3. Getaran dan gempa bumi	276
3.4.2.5. Faktor Tanah	276
3.4.3. Mekanisme dan Dimensi Bencana Tanah Longsor.....	277
3.4.4. Model Analisis Tanah Tongsor Akibat Gempa Bumi	279
3.4.5. Potensi Tanah Longsor	281
3.4.6. Analisis Risiko Tanah Longsor	290
3.4.6.1. Parameter bahaya tanah longsor.....	291
3.4.6.2. Parameter kerentanan lingkungan tanah longsor ..	293
3.4.6.3. Indikator ketahanan daerah terhadap tanah Longsor	293
3.5. PENGELOLAAN BENCANA BERASPEK GEOLOGI	296
DAFTAR PUSTAKA	297
BIODATA PENULIS	321

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Indonesia adalah salah satu negara di dunia yang paling rentan terhadap berbagai bencana alam. Hal itu disebabkan letak Indonesia yang berupa negara kepulauan sangat luas di sekitar khatulistiwa, di antara dua benua (Asia dan Australia), dan di antara dua samudra (Hindia dan Pasifik). Lokasi ini merupakan interaksi antara tiga lempeng kerak bumi, yaitu Lempeng Eurasia (LE) yang merupakan lempeng benua, bergerak dari utara ke arah selatan, Lempeng Samudera Hindia-Australia (LSIA atau Indi-Australia) yang bergerak dari selatan ke arah utara, dan Lempeng Pasifik (LP) yang bergerak dari arah timur ke arah barat/ baratdaya. Kedudukan tersebut menjadikan kepulauan Indonesia menjadi kawasan kepulauan yang berpola tektonik rumit, sehingga banyak terjadi lipatan-lipatan dan patahan-patahan aktif. Pergerakan ketiga lempeng yang saling berlawanan menyebabkan terbentuknya sesar-sesar di kepulauan Indonesia. Sesar-sesar tersebut mengakomodasikan komponen tektonik searah dengan batas-batas ketiga lempeng di kepulauan Indonesia. Komponen tektonik tersebut menyebabkan terjadinya interaksi ketiga lempeng dan gerakan patahan aktif, yang diikuti kejadian gempa tektonik, sehingga kepulauan Indonesia sering terjadi berbagai bencana alam yaitu gempa bumi, letusan gunung api, tanah longsor, tsunami, banjir, kekeringan, dan berbagai penyakit endemi.

Indonesia dalam pengertian geografik-geodinamik, geopolitik, lingkungan dan ekonomi global merupakan satu-satunya benua bahari (*maritime continent*), yang memegang peran penting dalam pembentukan iklim dan lingkungan global. Hutan tropik Indonesia, di samping berperan penting untuk pembangunan dan kesejahteraan masyarakat, juga berperan penting dalam pembentukan perubahan iklim dan lingkungan global. Karakteristik geodinamiknya sebagai benua bahari karena lautannya relatif dangkal, yang melingkupi pulau-pulau berhutan tropik, membentuk perilaku khas. Karakteristik khas geodinamiknya, menyebabkan terjadinya distribusi temperatur lapisan permukaan laut dari Samudra Pasifik. "Kolam hangat" dari Samudra Pasifik secara periodik memengaruhi iklim global. Perilaku khas geodinamik Indonesia

terkait dengan gejala ENSO (*El Nino Southern Oscillations*), yang dapat mengakibatkan kekeringan berkepanjangan (*El Nino*) dan dapat menyebabkan hujan berlebihan (*La Nina*) di Indonesia (Djojodihardjo, 2000).

Sebenarnya kesadaran akan pentingnya upaya pengurangan risiko bencana telah mulai muncul pada dekade 1990-1999 yang dicanangkan sebagai Dekade Pengurangan Risiko Bencana Internasional. Upaya untuk mengurangi risiko bencana secara sistematis membutuhkan pemahaman dan komitmen bersama dari semua pihak terkait terutama para pembuat keputusan (*decision makers*). Dewan Ekonomi dan Sosial Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) dalam Resolusi Nomor 63 Tahun 1999 menyerukan kepada Pemerintah di setiap negara untuk menyusun dan melaksanakan Rencana Aksi Pengurangan Risiko Bencana Nasional. Dokumen Rencana Aksi seperti diserukan oleh Resolusi PBB untuk mendukung dan menjamin tercapainya tujuan, sasaran pembangunan berkelanjutan. Indonesia negara yang memiliki banyak wilayah rawan bencana, sangat berkepentingan menyusun Dokumen Rencana Aksi tersebut.

Kerangka Aksi Hyogo (*Hyogo Framework for Action*) 2005 – 2015, juga menganjurkan seluruh negara di dunia agar menyusun mekanisme terpadu pengurangan risiko bencana yang didukung kelembagaan dan kapasitas sumber daya yang memadai. Ketiga hal ini belum menjadi prioritas di Indonesia. Kelembagaan penanganan bencana yang ada belum memiliki kewenangan yang memadai dan mekanisme yang ada saat ini hanya terbatas pada mekanisme penanganan tanggap darurat. Indonesia merupakan negeri yang rawan bencana dan pernah mencatat kejadian bencana yang besar di dunia. Kejadian besar yang terjadi salah satunya letusan Gunung Tambora tahun 1815 yang berada di Pulau Sumbawa, Nusa Tenggara Barat dan Gunung Krakatau pada tahun 1883. Selain bencana yang berskala besar, bencana banjir juga hampir setiap tahun menimpa Jakarta dan wilayah sekitarnya, kota-kota di sepanjang daerah aliran sungai Bengawan Solo dan beberapa daerah lain di Indonesia. Total dari kejadian ini menimbulkan kerugian material dan nonmaterial senilai triliunan rupiah. Catatan sejarah kejadian bencana yang terjadi di Indonesia berdasarkan Data dan Informasi Bencana Indonesia (DIBI) dapat diketahui bahwa total kejadian bencana di Indonesia sebanyak 10.212 kali kejadian. Jumlah tersebut merupakan total dari 15 kejadian yang tercatat di 33 provinsi di Indonesia. Kejadian bencana banjir paling sering terjadi di Indonesia. Lokasi kejadian sebagian besar bencana terjadi di Jawa

Tengah 2.171 kejadian, Jawa Barat 1.534 kejadian, dan Jawa Timur 1.203 kejadian (DIBI, 2012).

Bencana alam dan bencana lainnya sebagian besar akan mengubah kondisi permukaan bumi, sehingga terjadi proses yang dinamis. Proses dinamis permukaan bumi tersebut mengakibatkan informasi tentang penutup/penggunaan lahan (pertanian, kehutanan, permukiman, dan wilayah industri), relatif cepat menjadi kedaluwarsa (*out of date*), apabila dibandingkan dengan informasi mengenai geologi, geomorfologi, jenis tanah. Berdasarkan hal tersebut, maka informasi penutup lahan/penggunaan lahan suatu wilayah sebaiknya secara eksplisit mencantumkan sumber dan tanggal data yang disajikan sebagai dasar penilaian. Pemberian informasi seharusnya dapat memenuhi tuntutan pengguna, dan mencerminkan kebutuhan informasi untuk perencanaan dan pembuat keputusan.

1.1.1. Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) untuk Mitigasi Bencana

Indonesia dihadapkan pada tantangan untuk memelihara kelestarian lingkungan, dan sosial-politik-ekonomi, dan jumlah penduduk yang semakin meningkat, maka pendayagunaan sumberdaya alam harus dilakukan secara berkelanjutan (*sustainable*) sehingga dapat memenuhi kebutuhan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Tantangan tersebut bahkan sering menimbulkan bencana lain yang ditimbulkan oleh kesalahan/keteledoran manusia berupa kebakaran hutan, pencemaran lingkungan, bencana pertambangan, kecelakaan transportasi, kegagalan teknologi, dan kerusuhan sosial. Berdasarkan hal tersebut, maka pemantauan wilayah secara konvensional tidak dapat mengikuti kecepatan perkembangan. Oleh karena itu diperlukan teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk menghadapi tantangan tersebut, yaitu teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG).

Teknologi penginderaan jauh dengan wahana satelit merupakan suatu alternatif yang berdayaguna dan berhasil guna untuk melakukan studi bencana alam, pemetaan, inventarisasi, pemantauan sumber daya alam dan lingkungan. Informasi kebumih (penutup lahan, geologi, geomorfologi, hidrologi, dan tanah) sangat bermanfaat dalam mengkaji bencana alam maupun bencana lainnya yang terjadi. Data penginderaan jauh hanya akan menjadi "informasi" yang berdayaguna apabila pengguna memahami asal-usul datanya, sehingga mengerti bagaimana melakukan interpretasi dan memahami bagaimana cara menggunakan yang paling tepat. Perkembangan paket sensor

penginderaan jauh yang dipasang pada satelit baik dengan sistem radar maupun sistem optik semakin tinggi resolusinya, yaitu citra *Ikonos* (resolusi spasial satu meter), citra *Quickbird* (resolusi spasial 60 cm atau 0,6 meter), *Alos* (resolusi spasial 10 hingga 1,8 meter), *Worldview* (resolusi spasial 50 cm atau 0,5 meter). Hal itu dapat memberi peluang untuk mempermudah perolehan data wilayah dan lingkungan dalam bentuk multispektral dan multi-temporal secara digital.

Perkembangan teknologi komputer memungkinkan proses pengolahan dan penyajian data geografis menjadi lebih cepat, tepat, dan berdayaguna. Oleh karena itu informasi geografis sedapat mungkin harus dapat disampaikan dengan model yang sederhana, tetapi betul-betul mewakili kondisi muka bumi yang sesungguhnya, sehingga paket informasi tersebut dapat melakukan analisis secara komprehensif terhadap berbagai kondisi. Mitigasi bencana menuntut adanya informasi fisik dan sosial ekonomis yang berbasis geografis. Permodelan dan penyampaian informasi geografis, baik informasi spasial maupun informasi non-spasial dapat disajikan secara terintegrasi dalam Sistem Informasi Geografis (SIG).

Teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis merupakan dua tipe teknologi yang dapat saling mengisi untuk menyajikan suatu informasi dan dapat memenuhi aspek kualitas, kuantitas dan ketepatan waktu. Perencanaan dan pengelolaan pembangunan nasional dan daerah dapat berhasil baik apabila memenuhi tiga aspek informasi tersebut telah disampaikan Purwadhi (1994), yaitu

1. Aspek kuantitas informasi mengenai luas areal pada berbagai tingkatan sesuai kriterianya;
2. Aspek kualitas atau keandalan informasi untuk menentukan tingkat kepercayaan informasi yang digunakan dalam setiap kegiatan;
3. Aspek kecepatan dan ketepatan waktu memperoleh informasi, merupakan pemenuhan waktu yang diperlukan dalam jadwal kegiatan, agar pelaksanaan pembangunan tidak terlambat dan penanganan masalah tepat waktu

Berbagai bidang terapan menggunakan integrasi dari kedua teknologi (penginderaan jauh dan sistem informasi geografis) tersebut, antara lain untuk pemetaan, inventarisasi sumberdaya alam daratan dan lautan, hingga penanganan bencana alam telah banyak dilakukan. Hal itu memungkinkan proses analisis dalam pengambilan keputusan dapat dilaksanakan lebih cepat. Namun kunci keberhasilan terapan data penginderaan jauh terletak pada manusianya (kelompok manusia) yang

memanfaatkan kedua teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Terapan kedua teknologi tersebut saat ini sedang berkembang di masyarakat hampir seluruh dunia. Berdasarkan hal tersebut, maka di dalam buku ini dibicarakan mengenai terapan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dalam mitigasi bencana beraspek geologi (gempa bumi, tsunami, gunung api, gerakan tanah/tanah longsor); bencana beraspek hidrometeorologi (banjir, kekeringan, angin topan, abrasi dan akresi pantai, serta gelombang pasang); tidak dibahas yaitu: bencana beraspek lingkungan (kebakaran hutan, kerusakan lingkungan, pencemaran limbah); bencana beraspek biologi, (wabah penyakit, hama tanaman, penyakit hewan/ ternak); bencana beraspek teknologi (pertambangan, industri, kecelakaan transportasi).

1.1.2. Tujuan

Tujuan penulisan buku "Terapan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis dalam Mitigasi Bencana" untuk memberikan pengetahuan dan *sharing* pengalaman dalam penelitian pada masyarakat terutama mahasiswa, dan siapa-saja yang tertarik mengenai terapan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis di bidang kebencanaan. Kontribusi pengetahuan untuk kesiapsiagaan menghadapi bencana secara optimal, mengurangi minimnya pengetahuan mengenai bencana di masyarakat, mengoptimalkan gerakan siaga melembaga untuk menghadapi bencana. Kesiapsiagaan menghadapi bencana secara optimal, diharapkan dapat mengurangi tingginya korban bencana akibat proses alam dan non-alam yang terus berlangsung. Berdasarkan hal tersebut buku ini ditulis, diharapkan dapat menjadi pemahaman pada masyarakat terutama mahasiswa berupa

1. Pengetahuan dasar bencana beraspek geologi, bencana beraspek hidrometeorologi, bencana beraspek lingkungan, bencana beraspek biologi, dan bencana beraspek yang terjadi di Indonesia
2. Terapan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG) dalam kebencanaan
3. Pembuatan peta tematik wilayah rawan bencana, yaitu peta bahaya, peta kerentanan, peta kapasitas, peta risiko bencana, peta multi ancaman bencana, dan peta evakuasi penduduk yang terkena bencana, dari hasil interpretasi citra penginderaan jauh dan informasi lainnya menggunakan sistem informasi geografis (SIG).

4. Analisis sebab-akibat menggunakan konsep DPISR (*driving forces, pressures, states, impacts, and responses*)
5. Beberapa kemungkinan "Pembuatan Sistem Peringatan Dini" untuk membangun kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana

1.1.3. Ruang Lingkup Pembahasan

Ruang lingkup pembahasan dalam buku "Terapan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis dalam Mitigasi Bencana" dibatasi pembahasan sehubungan dengan sifat data penginderaan jauh yang multi disiplin, sehingga aplikasi terapannya dapat berdayaguna dan berhasil guna. Ruang lingkup seri buku ini dibagi dimulai dari pendahuluan prinsip dasar bencana, pemantauan dan prediksi bencana beraspek geologi, pemantauan dan prediksi bencana beraspek hidrometeorologi, pemantauan dan prediksi bencana beraspek lingkungan, pemantauan dan prediksi bencana beraspek biologi, pemantauan dan prediksi beraspek teknologi, masing-masing secara ringkas dijelaskan sebagai berikut.

BAB I Pendahuluan yang berisi tujuan, ruang lingkup materi buku; dasar penginderaan jauh, sistem informasi geografis (SIG); batasan dan pengertian penginderaan jauh, sistem informasi geografis, dan bencana

BAB II Prinsip dasar bencana dan konsep umum pemecahan masalah, yang berisi karakteristik bencana, pengelolaan, penanggulangan bencana, kajian ancaman bahaya, kerawanan bencana, kapasitas bencana, dan risiko bencana, konsep analisis DPISR (*driving forces, pressures, states, impacts, and responses*)

BAB III Mitigasi bencana beraspek geologi, yaitu bencana gempa bumi, tsunami, letusan gunung api, tanah longsor. Dijelaskan mengenai proses geologi yang dapat menyebabkan bencana, karakteristik setiap bencana, kemungkinan informasi yang dapat diberikan dari citra penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk tujuan pemantauan dan penilaian bencana, serta prediksi kemungkinan terjadi bencana, dan usaha penanggulangan bencana.

BAB IV Mitigasi bencana beraspek hidrometeorologi, yaitu bencana klimatologi berupa pemanasan global dan cuaca ekstrim, bencana banjir, kekeringan, angin topan (puting beliung), gelombang pasang dan kenaikan muka air

laut. Dijelaskan mengenai karakteristik setiap bencana, kemungkinan informasi yang dapat diberikan dari citra penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk tujuan pemantauan dan penilaian bencana, prediksi kemungkinan terjadinya bencana, dan usaha penanggulangannya.

BAB V Mitigasi bencana beraspek lingkungan, yaitu kebakaran hutan, kerusakan lingkungan, dan pencemaran limbah. Dijelaskan mengenai karakteristik setiap bencana, kemungkinan informasi yang dapat diberikan dari citra penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk tujuan pemantauan dan penilaian bencana, prediksi kemungkinan terjadinya bencana, serta usaha penanggulangannya.

BAB VI Mitigasi bencana beraspek teknologi, yaitu bencana-bencana pertambangan, industri dan kecelakaan transportasi. Dijelaskan mengenai karakteristik setiap bencana, kemungkinan informasi yang dapat diberikan dari citra penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk tujuan pemantauan dan penilaian bencana, pemantauan kerusakan akibat bencana pertambangan, industri, kecelakaan transportasi, bagaimana pembuatan rencana pemantauan lingkungan (RPL) dan pembuatan rencana kelola lingkungan (RKL) lingkungan pertambangan dan industri menggunakan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis.

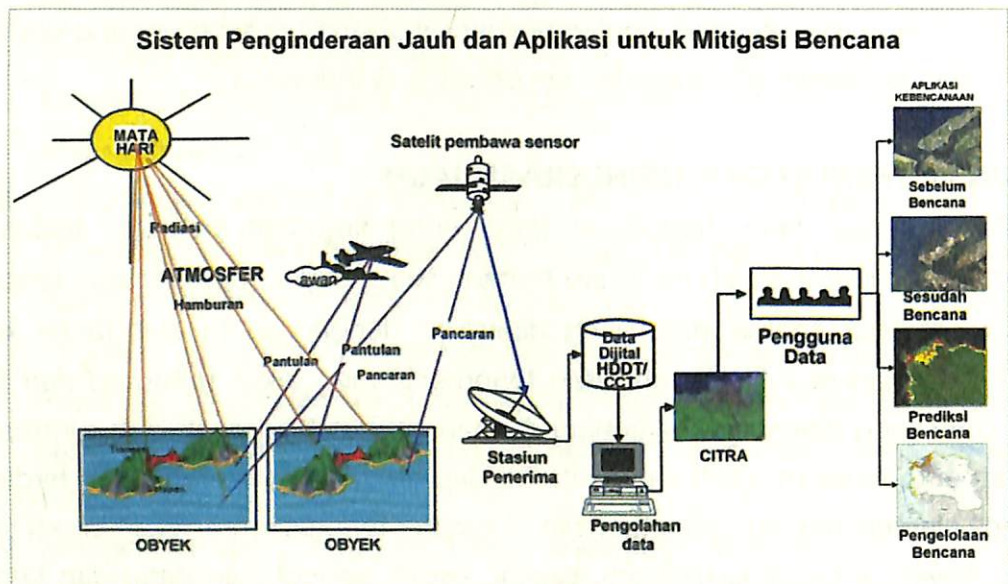
BAB VII Sistem nasional penanggulangan bencana yang berisi perundang-undangan dan kebijakan penanggulangan bencana di Indonesia.

1.2. PRINSIP TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH

Penginderaan jauh (*remote sensing*) sering disingkat inderaja, adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu obyek, daerah, atau fenomena (geofisik), melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji (*Lillesand dan Kiefer, 2004*). Data yang diperoleh dilanjutkan dengan pengolahan, analisis dan interpretasi terhadap data tersebut. Oleh karena itu konsep dasar penginderaan jauh terdiri atas beberapa elemen atau komponen, meliputi sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan obyek di permukaan bumi, sensor, sistem pengolahan data, dan berbagai penggunaan data. Sistem penginderaan jauh dan aplikasi untuk mitigasi bencana.

Sistem penginderaan jauh pada **Gambar 1.1.** adalah urutan proses dimulai dari perekaman obyek permukaan bumi. Tenaga dalam penginderaan jauh merupakan tenaga penghubung yang membawa data tentang obyek ke sensor dapat berupa bunyi, daya magnetik, gaya berat, dan tenaga elektromagnetik. Tenaga matahari yang digunakan dalam penginderaan jauh untuk mengindera bumi adalah tenaga elektromagnetik. Tenaga elektromagnetik bagi sistem pasif berasal dari matahari, perjalanan tenaga radiasi matahari melalui atmosfer, dan berinteraksi dengan benda di permukaan bumi. Tenaga radiasi matahari tidak semua sampai di permukaan bumi karena sebagian diserap, dihamburkan di atmosfer. Tenaga yang sampai ke permukaan bumi sebagian dipantulkan dan atau dipancarkan oleh permukaan bumi, direkam oleh sensor penginderaan jauh.

Sensor untuk melakukan perekaman data memerlukan tenaga sebagai medianya. Sensor penginderaan jauh tersebut dapat dipasang dalam wahana pesawat terbang maupun satelit. Sensor satelit merekam permukaan bumi, dikirimkan ke stasiun penerima data di bumi. Stasiun bumi menerima data permukaan bumi dari satelit dan direkam dalam pita magnetik dalam bentuk digital. Rekaman data diproses di laboratorium pengolahan data hingga berbentuk citra penginderaan jauh, dan didistribusikan ke berbagai pengguna. Pengguna dalam hal ini adalah pengguna yang akan mengkaji mengenai kebencanaan.



Gambar 1.1. Sistem Penginderaan Jauh dan Aplikasi untuk Mitigasi Bencana

Teknologi penginderaan jauh dengan perekaman data baik sistem pasif maupun sistem aktif. Bagaimana interaksi tenaga dengan obyek. Bagaimana sensor merekam obyek, serta kendala apa saja yang dapat memengaruhi kualitas data yang direkam. Aplikasi teknologi penginderaan jauh dapat digunakan untuk deteksi, pantauan (*monitoring*) wilayah bencana sebelum dan sesudah terjadi bencana. Sebagai data bantu dalam memprediksi rawan bencana, sehingga dapat melakukan pengelolaan bencana.

Terapan penginderaan jauh untuk kebencanaan mencakup deteksi dan identifikasi obyek/ wilayah sebelum terjadi bencana, dan sesudah terjadi bencana. Analisis dengan membuat prediksi wilayah bahaya (*hazard*), analisis mengenai kerentanan, kapasitas bencana, risiko bencana, dan pengelolaan bencana.

1.2.1. Perekaman Data Penginderaan Jauh

Dasar perekaman data penginderaan jauh seperti telah diungkapkan pada konsep dasar penginderaan jauh, maka dalam pengambilan data permukaan bumi harus ada alat (sensor) perekam data. Pendalaman mengenai sumber tenaga, sensor, dan interaksi antara sumber tenaga dan obyek akan dibahas dalam dasar perekaman data penginderaan jauh ini. Teknologi penginderaan jauh satelit telah berkembang melalui kehadiran berbagai sistem satelit indera untuk mengindera sumber daya alam dan lingkungan, mulai dari satelit sumber daya alam eksperimental hingga operasional. Ada dua jenis orbit yang biasa digunakan satelit penginderaan jauh yaitu orbit Polar dan orbit Geostationer. Orbit satelit dalam merekam data permukaan bumi, yaitu

1. Orbit polar yaitu mengitari bumi dalam bidang hampir utara selatan (sudut inklinasi 8–9 derajat), ketinggian satelit berkisar 600–1000 km
2. Orbit diatur agar memotong equator pada waktu yang tetap (Contoh Landsat orbit memotong equator pada jam 9.45 AM), disebut Orbit Sinkron Matahari (*Sunsynchronous Orbit*)
3. Jenis orbit lain dari satelit penginderaan jauh yaitu : Orbit Geostasioner, ketinggian 36000 km, disebut Orbit Sinkron Bumi (*Geo-synchronous Orbit*), biasanya digunakan untuk satelit penginderaan jauh lingkungan dan cuaca, juga satelit komunikasi. Satelit ini mempunyai kecepatan sama dengan gerak rotasi

bumi, sehingga seolah-olah berada di atas suatu tempat tidak berubah, sesuai penempatannya.

4. Jenis orbit tersebut memengaruhi frekuensi pengamatan (resolusi temporal) untuk suatu lokasi di permukaan bumi.

Sumber tenaga alam untuk penginderaan jauh sistem pasif dan sumber tenaga buatan digunakan untuk penginderaan jauh sistem aktif (sistem radar). Sumber tenaga alam yang paling dominan adalah tenaga radiasi matahari, namun tidak semua tenaga radiasi matahari dapat digunakan dalam penginderaan jauh. Radiasi matahari untuk perekaman data penginderaan jauh, tergantung panjang gelombang elektromagnetiknya. Sinar matahari yang diterima obyek, sebagian akan dipantulkan, sebagian diserap, dan sebagian diteruskan (ditransmisikan) oleh obyek. Tenaga yang diserap kemudian diemisikan ke sensor, dalam hal ini sensor satelit bersifat pasif menerima energi yang dipantulkan atau diemisikan oleh permukaan bumi. Bagian dari spektrum elektromagnetik dari matahari yang digunakan dalam perekaman data penginderaan jauh tidak merata. Disamping tidak semua radiasi matahari sampai ke permukaan bumi, kepekaan sensor tersebut mempunyai keterbatasan. Bagian spektrum elektromagnetik yang digunakan adalah panjang gelombang tampak dan perluasannya (ultra violet, biru, hijau, merah dan inframerah dekat) : panjang gelombang (0,3–1,3) μm ; panjang gelombang inframerah menengah (1,3–2,1) μm ; panjang gelombang inframerah termal (3–5) μm dan (8–14) μm ; untuk radar menggunakan panjang gelombang mikro (0,1–100) cm; Spektrum elektromagnetik untuk merekam data penginderaan jauh sebagai berikut.

1. Perekaman data penginderaan jauh menggunakan panjang gelombang tampak dan perluasannya (ultra violet, biru, hijau, merah dan inframerah dekat atau panjang gelombang (0,3 – 1,3) μm merupakan sistem pantulan yang dasar perekamannya dari pantulan obyek permukaan bumi.
2. Perekaman menggunakan panjang gelombang termal (3 – 5) μm dan (8 – 14) μm , merupakan sistem pancaran yang merekam pancaran (emisi) obyek permukaan bumi atau perbedaan pancaran suhu obyek permukaan bumi.
3. Perekaman data penginderaan jauh menggunakan panjang gelombang mikro (0,1 – 100) cm; terdiri atas dua macam sistem, yaitu sistem pasif (scanner dan radiometer) dengan dasar perekamannya pantulan obyek, dan sistem aktif (radar

dan laser), yang dasar perekamannya merupakan hambur balik sinyal radar mengenai obyek permukaan bumi.

1.2.2. Sensor Penginderaan Jauh

Sensor penginderaan jauh adalah alat yang digunakan untuk merekam data permukaan bumi. Sensor dapat dibawa oleh berbagai macam wahana seperti pesawat udara, satelit, roket, ballon stratosfer maupun ballon kaptif (yang ditambatkan pada suatu tempat). Sensor penginderaan jauh merekam tenaga elektromagnetik yang dipantulkan (reflektasi) dan pancaran (emisi) dari obyek yang ada di permukaan bumi. Sensor yang beroperasi dengan energi matahari biasa bekerja pada panjang gelombang cahaya optik, dari panjang gelombang ultra violet, cahaya tampak (*visible*) dan inframerah dekat : panjang gelombang (0,3 – 1,3) μm , panjang gelombang infra merah thermal (3 – 5) μm dan (8 – 14) μm , disebut sistem optik.

Sumber energi lain adalah bila energi dipancarkan sendiri oleh satelitnya kemudian hamburan balik permukaan bumi atas energi tersebut yang diterima oleh sensor. Teknik ini biasa disebut teknik radar, menguntungkan bila dilihat dari kebebasannya beroperasi baik pada siang hari maupun malam hari, dan tidak terpengaruh oleh tutupan awan. Namun sistem ini mempunyai keterbatasan yaitu membutuhkan energi besar untuk beroperasi, dan operasinya pada tiap orbit tidak kontinu. Setiap satelit penginderaan jauh akan menghasilkan data permukaan bumi, yang pada akhirnya dapat dimanfaatkan bagi sebesar-besar kepentingan umat manusia. Karakteristik setiap satelit, sensor, dan data penginderaan jauh perlu diketahui, agar pemanfaatan data dapat berdayaguna dan berhasil guna.

1.2.3. Penginderaan Jauh Saat Ini

Teknologi penginderaan jauh satelit yang telah berkembang melalui kehadiran berbagai sistem satelit dan sensor penginderaan jauh, saat ini telah banyak dimanfaatkan untuk mengindera sumber daya alam, budidaya dan lingkungan. Pengembangan pemanfaatan data penginderaan jauh dalam berbagai bidang adalah terapan bidang kebumihan (geologi, hidrologi, tanah, vegetasi); terapan bidang perencanaan dan pengembangan (pertanian, perkebunan, kehutanan, industri, pertambangan, perkotaan), terapan bidang survei atau studi lingkungan mencakup kebencanaan (gempa bumi, tanah longsor, banjir, tsunami, gelombang pasang,

kekeringan), terapan bidang rekayasa (pembuatan jalan, rekayasa sungai, rekayasa pantai dan pesisir). Pemanfaatan untuk kebencanaan, baik untuk identifikasi wilayah rawan bencana, pemantauan daerah sebelum dan sesudah terkena bencana, serta upaya prediksi yang mungkin dapat dilakukan untuk mitigasi (pengurangan) bencana.

Kehadiran sejumlah satelit penginderaan jauh mulai dari satelit sumber daya alam eksperimental hingga operasional dengan berbagai misi, teknologi sensor (termasuk sensor radar) telah menghasilkan berbagai jenis data dan informasi mutakhir, yang bersifat data spektral, data spasial, multi temporal, yang dapat diproduksi secara cepat dan akurat. Hal tersebut merupakan peluang baik, yang telah mendorong Indonesia untuk membangun stasiun bumi satelit penginderaan jauh dan sumberdaya alam. Data tersebut sudah digunakan untuk keperluan kebencanaan, terutama sejak terjadinya tsunami di Aceh tahun 2004, maka kegiatan mitigasi bencana menggunakan data penginderaan jauh semakin berkembang.

Perkembangan paket sensor penginderaan jauh yang dipasang pada satelit baik dengan sistem aktif (sistem radar) maupun sistem pasif (sistem optik) semakin tinggi resolusinya, sehingga data penginderaan jauh semakin berlimpah, namun data tersebut hanya akan menjadi "informasi" yang berdayaguna, apabila pengguna memahami asal-usul datanya, dan mengerti bagaimana melakukan interpretasi dan memahami cara menggunakannya yang paling tepat. Stasiun bumi satelit penginderaan jauh Indonesia yang terletak di Pare-pare (Sulawesi Selatan), Rumpin (Bogor), Kalisari dan Pasar Rebo (Jakarta) dan Biak (Papua), saat ini merekam beberapa jenis data penginderaan jauh. Jenis data penginderaan jauh satelit yang telah direkam oleh ketiga stasiun bumi satelit penginderaan jauh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) adalah

1. Rekaman "Stasiun Bumi Satelit Penginderaan Jauh dan Sumber Daya Alam" di Pare-pare adalah
 - a. Data dan citra Landsat (*Land Satellite*), saat ini merekam data Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*)
 - b. Data dan citra SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*), saat ini SPOT 5 dan SPOT 6

- c. Data dan citra ERS (*ESA Remote Sensing Satellite*) merupakan citra radar sistem SAR (*Satellite Aperture Radar*). Satelit ERS dikelola oleh konsorsium Eropa yang menangani penelitian antariksa atau ESA (*European Space Agency*), saat ini sudah tidak merekam
 - d. Data dan citra JERS-1 (*Japan Earth Resources Satellite*), citra sistem pantulan dan radar. Data ini dari program eksperimental satelit dari pemerintah Jepang, dan belum komersial. Pemerintah Jepang tidak melanjutkan program JERS-1, telah ditetapkan penggantinya adalah program ADEOS (*Advanced Earth Observation Satellite*)
 - e. Terra Aqua MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) adalah salah satu instrumen (milik Amerika Serikat) yang diletakkan pada Satelit Terra (Jepang). Satelit Terra yang diluncurkan 18 Desember 1999, merupakan program kerjasama internasional antara NASA (Amerika Serikat), Canada, dan Jepang. MODIS adalah instrumen utama milik NASA pada satelit Terra. MODIS pada satelit Terra sebagai instrumen Earth Observation System (EOS) dan pengganti NOAA. Satelit Aqua diluncurkan tanggal 4 Mei 2002. Lokasi peluncuran Vandenberg Air Force Base, California, Amerika Serikat. Arah orbit Terra dari utara ke selatan dan Aqua dari selatan ke utara.
 - f. Rekaman "Stasiun Bumi Satelit Penginderaan Jauh dan Sumber Daya Alam" yang berada di Rumpin, Bogor adalah data NPPVIIRS yang merupakan hasil dari satelit TURSAT yang dibuat oleh LAPAN dan Kerjasama LAPAN (Indonesia) dengan DLR (Jerman).
2. Rekaman dari "Stasiun Bumi Satelit Penginderaan Jauh Lingkungan dan Cuaca" yang berada di Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta dan di Pulau Biak, Papua adalah
- a. Data dan citra NOAA-AVHRR (*National Oceanic And Atmospheric Administration – Advanced Very High Resolution Radiometer*) saat ini ke 19, kegunaannya terutama untuk keperluan prediksi meteorologi (cuaca) dan iklim, dikembangkan untuk pantauan lingkungan.
 - b. Data/ citra GMS (*Geostationary Meteorological Satellite*), direkam 8 (delapan) kali dalam sehari semalam, yaitu dengan interval waktu rata-rata 3 (tiga) jam. Kegunaan citra GMS terutama untuk keperluan prediksi meteorologi (cuaca) dan iklim. Namun pengembangan penggunaan seperti halnya NOAA-AVHRR, untuk pantauan lingkungan.

- c. Data METOP seperti halnya data MODIS untuk keperluan prediksi meteorologi dan iklim, serta dikembangkan untuk pantauan lingkungan.
 - d. Data MTSAT-IR seperti halnya data MODIS untuk keperluan prediksi meteorologi dan iklim, dikembangkan untuk pantauan lingkungan.
 - e. Feng Yung 3A yang dikembangkan untuk analisis cuaca dan lingkungan.
3. Satelit Formosat-2, yang satelitnya diluncurkan oleh NSPO (*National Space Organization of Chinese Taipei*) tahun 2004 dan masih beroperasi hingga sekarang. Sensor yang dimiliki meliputi Pankromatik dan Multispektral. Spektral pankromatik berada pada kisaran panjang gelombang 0.45 – 0.90 μm dengan resolusi spasial 2 meter. Spektral multiosektoral terdapat pada kisaran panjang gelombang 0.45 – 0.53 μm (biru), 0.52 – 0.60 μm (hijau), 0.63 – 0.69 μm (merah), and 0.76 – 0.90 μm (Infra merah dekat) dengan resolusi spasial 8 meter. Kelebihan yang dimiliki oleh Formosat-2 adalah resolusi temporal setiap hari. Produk yang dimiliki meliputi Produk level 1A (terkoreksi radiometrik), Produk level 2A (terkoreksi geometrik secara sistematis), and Produk Ortho (citra sudah dilakukan Ortorektifikasi).

1.3. PEMANFAATAN PENGINDERAAN JAUH UNTUK KEBENCANAAN

Pengetahuan konseptual yang diperlukan bagi petugas daerah terutama di bidang pendataan, analisis, dan pemilihan alternatif dalam mitigasi bencana pada wilayahnya. Pengetahuan tersebut jelas berkaitan untuk mengatasi permasalahan dan penanganan problema bencana daerah. Pemanfaatan citra penginderaan jauh untuk keperluan kebencanaan daerah, bagi sebagian daerah sering petugasnya belum siap. Problema pemanfaatan penginderaan jauh bagi pengelolaan kebencanaan bertolak pada data penginderaan, alat/peralatan, dan sumber daya manusianya. Setiap problema diuraikan sebagai berikut.

1. Data wilayah umumnya tercatat berupa data statistik, dan kumpulan peta-peta baik peta dasar maupun peta tematik, yang disebut dengan data pokok untuk pembangunan daerah, kadang tidak tahu harus diapakan untuk keperluan kebencanaan. Terbatasnya tema, kerincian, dan ketepatan data sering menjadikan kendala untuk penggunaan dalam kebencanaan, dan untuk keperluan pengembangan wilayah.
2. Alat ukur survei secara terestrial untuk pembuatan peta belum melembaga di daerah. Perkembangan alat survei, pemetaan, dan pendataan wilayah telah jauh

berkembang ke era digital dan serba komputer. Alat canggih pemetaan, revisi peta, pendataan ulang daerah dapat lebih cepat tepat dan akurat dapat dilakukan dengan pemrosesan citra digital dan sistem informasi geografis, walaupun sudah dikenal di daerah, namun penggunaannya masih terbatas. Pengenalan peralatan canggih sangat terbatas di beberapa wilayah.

3. Sumber daya manusia yang diperlukan daerah untuk survei, pemetaan, dan analisis kebencanaan di beberapa kabupaten/kota, masih sangat terbatas, bahkan sering masih langka. Tenaga sarjana umumnya di bidang ekonomi, sosial, politik, teknik, pertanian, sedangkan sarjana tentang kebencanaan masih terbatas.

Ketiga problema tersebut sering menjadi kendala dalam penanganan kebencanaan daerah, terutama untuk menghadapi otonomi daerah dan adanya pengembangan wilayah (pemekaran provinsi maupun kabupaten/kota). Provinsi/kabupaten/kota baru hasil pengembangan perlu mengetahui gambaran terbaru wilayahnya, termasuk wilayah yang rawan bencana. Di masa mendatang volume kegiatan di daerah semakin besar terutama dalam penanganan pengelolaan sumber daya lahan dan lautan, pemantauan perubahan, pemetaan, dan pengelolaan bencana yang mungkin terjadi di wilayahnya. Oleh karena itu pemanfaatan teknologi survei dan pengelolaan data spasial dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh (inderaja) serta sistem informasi geografis (SIG) untuk aplikasi kebencanaan perlu dikembangkan. Berdasarkan hal tersebut tampak bahwa teknologi penginderaan jauh berpotensi banyak digunakan mitigasi bencana di samping pengembangan wilayah. Solusi yang harus dilakukan adalah pengenalan teknologi penginderaan jauh bagi staf instansi di tingkat kabupaten/kota dengan cara pelatihan atau *training*. Pelatihan dapat dilakukan melalui jenjang akademik atau kursus, agar para lulusannya dapat menangani kegiatan perkembangan potensi dan pengelolaan data untuk wilayahnya, baik untuk pengelolaan sumber daya alam, lingkungan, dan kebencanaan.

Data penginderaan jauh merupakan hasil rekaman oleh satelit penginderaan jauh baik satelit sistem pasif (sistem optik) maupun satelit sistem aktif (sistem radar) akan menghasilkan jenis dan karakteristik citra sesuai dengan panjang gelombang yang digunakan dalam perekamannya. Citra multispektral mempunyai kepekaan menerima tanggapan spektral (pantulan) obyek di permukaan bumi yang berbeda sesuai dengan karakteristik setiap saluran (*band*) pada panjang gelombangnya. Citra

radar mempunyai kepekaan tergantung pada sinyal balik (*backscatter*) radar, panjang gelombang, kondisi dan arah obyek, serta polarisasi yang digunakan dalam perekaman radar. Pengguna citra radar disamping mengetahui karakteristik citra radar juga harus paham mengenai karakteristik obyek yang akan dianalisis menggunakan citra radar. Karakteristik obyek terutama adalah kondisi obyek yang berupa kondisi topografi wilayah; kekasaran permukaan obyek; kemampuan obyek dalam memantulkan dan meneruskan sinyal radar yang biasa disebut *complex dielectric constant* (CDC); posisi obyek terhadap satelit radar yang merekam datanya. Berdasarkan hal tersebut, maka pengguna data penginderaan jauh harus mengetahui karakteristik data yang akan digunakan. Disini akan diungkapkan karakteristik data penginderaan jauh saat ini baik resolusi menengah maupun resolusi tinggi, antara lain citra NOAA-AVHRR 19, dan citra Aqua Terra Modis, Landsat 8 LDCM, citra SPOT 5 dan SPOT 6, citra Pléiades, citra Quickbird, citra Worldview2,.

1.3.1. Karakteristik NOAA untuk Kebencanaan

Satelit NOAA milik Amerika Serikat dikembangkan menjadi satelit untuk program kemanusiaan, maka sejak NOAA-7 seri satelitnya dikembangkan dalam rangka kerjasama antara pihak Amerika Serikat (NOAA-NASA), Inggris (*Met Office*), Perancis (*CNES = Centre National d'Etude Spatiales* dan *CEMES = Centre d'Etudes de la Meteorologi Spatiale*). Pengelola NOAA's *National Environment Satellite*, untuk data and Information Service. Desain dan konstruksi NOAA, NASA, *Lockheed Martin Space System Company*. NOAA16-AVHRR3 diluncurkan pada tanggal 21 September 2000. Lokasi peluncuran Vandenberg Air Force Base, California, Amerika Serikat. Roket peluncur Titan II. ketinggian orbit 870 km, Sudut inklinasi orbit 98,7 derajat. Umur satelit minimal 2 tahun, bobot satelit 2231,7 kg, panjang satelit 4,2 meter. Resolusi temporal 1-3 hari. NASA bertanggungjawab atas pengembangan dan peluncuran satelitnya, sedangkan lainnya mengembangkan fasilitas operasionalnya. Satelit NOAA hingga saat ini telah diluncurkan 19 satelit dan direkam oleh LAPAN satelit NOAA 19 – AVHRR. Satelit NOAA mengorbit dengan lima buah instrumen utama, dirancang untuk mengindra obyek tertentu. Setiap instrumen yang dibawa oleh NOAA masing-masing mempunyai fungsi berbeda, sebagai berikut

1. TOVS (*TIROS Operational Vertical Sounder*), tiga instrumen

- a. HIRS (*High Resolution Infrared Radiometer*) yang didesain untuk mengukur radiasi sesaat dan merekam data profil temperatur udara (10 - 20,3) mb mulai dari permukaan bumi sampai ketinggian 18,9 km;
 - b. SSU (*Stratospheric Sounding Unit*) untuk mengukur profil temperatur udara lapisan stratosfer (25-50)km, merekam data kandungan uap air pada tiga lapisan atmosfer;
 - c. MSU (*Microwave Sounding Unit*) untuk mengukur oksigen secara pasif pada spektrum radiasi 5,5 cm dan merekam data total konsentrasi ozon atmosfer. MSU dikembangkan menjadi *Advanced Microwave Sounding Unit-A* (AMSU-A), yang dapat mengukur oksigen secara pasif dan total konsentrasi ozon atmosfer pada lapisan atmosfer 48 km, dan *Advanced Microwave Sounding Unit-B* (AMSU-B) pada lapisan atmosfer 16 km
2. SEM (*Space Environment Monitor*), mempunyai tiga instrumen untuk mendeteksi dan mengukur spektrum energi dan total energi pada ketinggian satelit, yaitu:
- a. TED (*Total Energi Detector*) untuk menentukan intensitas partikel pada kisaran gelombang energi 0,3 Kev menggunakan 1 saluran spektral.
 - b. MEPED (*Medium Energy Proton and Electron Detector*) berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur proton surya, flux kerapatan elektron kisaran 30 Kev hingga 60 Kev:
 - c. HEPAD (*High Energy Proton and Alpha Detector*) yang berfungsi untuk mendeteksi proton dan partikel alpha kisaran gelombang energi 370 Mev hingga 850 Mev.
3. SEM/2 (*Space Environment Monitor generasi 2*) saat ini beroperasi dengan tiga instrument, yaitu
- a. DCS/2 (*Data Collection and Location System versi 2*), sistem ini sering disebut ARGOS berfungsi untuk merekam data, diperlukan pada proses pengolahan data, yaitu untuk kalibrasi dan navigasi data.
 - b. SARSAT (*Search Rescue System Satellite*), berfungsi untuk merekam data dengan sistem radar. *Solar Backscatter Ultraviolet Radiometer* (SBUV/2), *High Resolution Infrared Radiation Sounder* (HIRS/3), pada lapisan atmosfer 20,3 km dan 18,9 km. *Search and Rescue (SAR) Repeater and Processor Data Collection System* (DCS/2)

- c. AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) mempunyai lima saluran spektral, yaitu satu saluran visibel atau sinar tampak band 1 (0,58-0,68) μm , satu saluran inframerah dekat band 2 (0,725-1,0) μm ; tiga saluran inframerah menengah band 3A (1,58 – 1,64) μm , inframerah termal band 3B (3,55-3,93) μm ; inframerah termal band 4 (10,3 - 11,3) μm ; dan inframerah termal band 5 (11,5-12,5) μm . Data direkam oleh AVHRR dipancarkan ke instrumen MIRP (*Manipulated Information Rate Processor*). Data dilengkapi dengan data TIP (*TIROS Information Processor*) diperoleh empat data AVHRR, yaitu
- i. HRPT (*High Resolution Picture Transmission*), adalah data AVHRR dari orbit dilengkapi data TIP secara real time. Data HRPT resolusi 1,1 km.
 - ii. LAC (*Local Area Coverage*), merupakan data AVHRR dilengkapi data TIP. Data LAC dipancarkan secara efektif ke stasiun bumi. Maksimum rekaman data selama 10 menit per orbit, resolusi spasial 1,1 km.
 - iii. GAC (*Global Areal Coverage*), merupakan data AVHRR yang dilengkapi data TIP. Data GAC diproses dalam tiga baris, setiap baris diproses nilai tengahnya (*radiometer-count*) dari setiap empat pixel. Data GAC mengalami pereduksian resolusi hingga menjadi ± 4 km.
 - iv. APT (*Automatic Picture Transmission*), merupakan data AVHRR dari dua saluran yang dipancarkan ke stasiun bumi penerima data secara real time. Data APT resolusi ± 4 km.

Penggunaan citra satelit untuk pantauan lingkungan dan cuaca, sehingga dapat digunakan untuk prediksi kondisi cuaca ekstrim. Khusus citra NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) telah banyak berkembang, yaitu NOAA-1 hingga NOAA-5 dari satelit meteorologi berkembang menjadi satelit cuaca dan lingkungan pada NOAA-A hingga NOAA-N. Satelit NOAA mulai generasi 6 diberi nama dengan huruf romawi, di mana NOAA-A adalah generasi yang ke 6 (NOAA-A = NOAA-6; NOAA-B = NOAA-7 dan seterusnya). Satelit NOAA merupakan satelit meteorologi generasi keempat, setelah *Vanguard* (Satelit meteorologi generasi pertama), *Explorer* (Satelit meteorologi generasi kedua), dan generasi ketiga TIROS (*Television Infrared Observation Satellite*). Satelit NOAA milik Amerika Serikat dikembangkan menjadi satelit untuk program kemanusiaan, maka sejak NOAA-7 seri satelitnya dikembangkan dalam rangka kerjasama antara Amerika Serikat (NOAA-NASA), Inggris (*Met Office*),

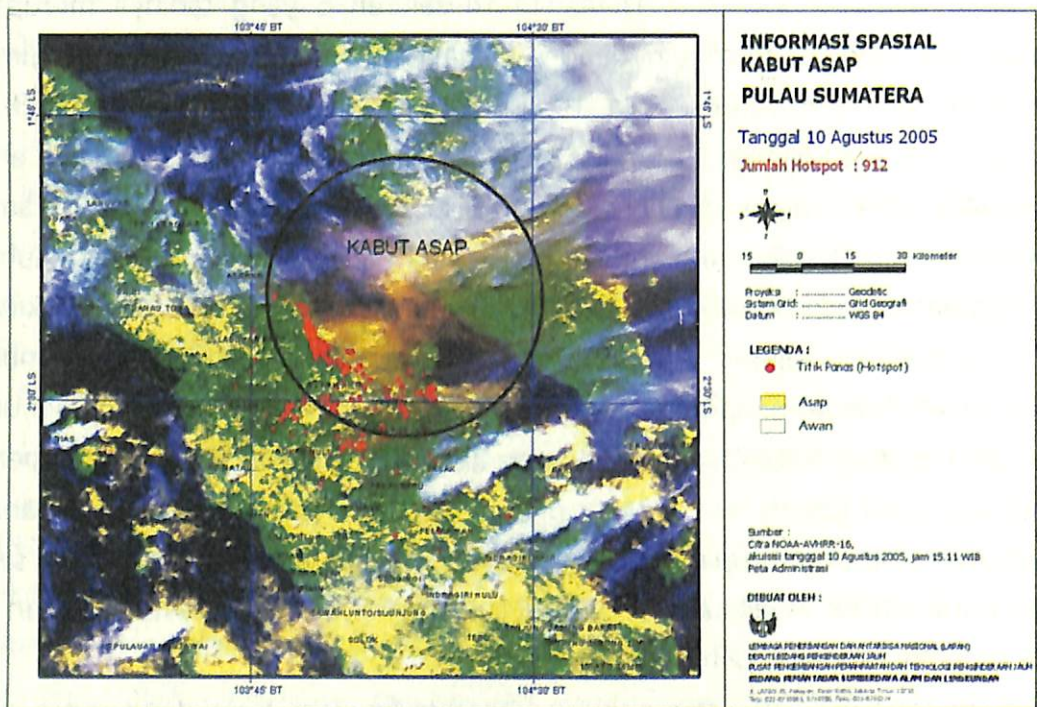
Perancis (CNES = *Cetre National d'Etude Spatiales* dan CEMES = *Centre d'Etudes de la Meteorologi Spatiale*). Pengelola NOAA's National Environment Satellite, Data and Information Service. Desain dan konstruksi NOAA, NASA, Lockheed Martin Space System Company. NOAA didesain untuk menggambarkan dan mengukur permukaan, atmosfer bumi, cakupan awan, distribusi aerosols, suhu permukaan laut, suhu dan profil air vertical pada troposfer dan stratosfer, serta mengukur proton dan electron pada ketinggian orbitnya. Instrumen AVHRR pada peluncuran pertama (TIROS-N) dengan 4 saluran spektral, karena saluran kelima hanya merupakan pengulangan saluran keempat. Hal ini juga terjadi pada NOAA-6, NOAA-8, dan NOAA-10. Sedangkan NOAA-7, NOAA-9, NOAA-11-14 saluran 5 yang tadinya merupakan pengulangan menjadi tersendiri dengan panjang gelombang (11,5-12,5) μm . Di samping itu saluran 4, yang semula (10,5-11,5) μm diubah menjadi (10,3-11,3) μm . Sejak NOAA-K atau NOAA 15 hingga NOAA 19 jumlah salurannya menjadi enam. Data NOAA-AVHRR mempunyai enam saluran spektral, mencakup spektrum tampak (*visible*), infra merah dekat (IR pantulan), inframerah termal (menengah dan jauh).

Pemanfaatan NOAA-AVHRR untuk berbagai penelitian sangat memungkinkan, karena banyaknya saluran spektral dalam perekamannya, sehingga kombinasi saluran spektral dapat dimanfaatkan di berbagai bidang penelitian, antara lain untuk pantauan vegetasi, kebakaran hutan, ekstraksi data albedo, ekstraksi temperatur permukaan bumi (darat, laut, udara), prediksi produksi tanaman pertanian, analisis liputan awan, deteksi tutupan salju/es, wilayah bencana di permukaan bumi secara global. Karakteristik setiap saluran data NOAA-AVHRR berfungsi sesuai dengan sifat panjang gelombangnya, yaitu

1. Saluran (*band*) 1 untuk menghitung albedo permukaan bumi dan puncak awan, deteksi permukaan darat untuk memantau perkembangan tanaman, deteksi salju/ es dan kondisi kelautan.
2. Saluran (*band*) 2 untuk memantau vegetasi (terutama kondisi khlorofilnya), mendeteksi distribusi awan, salju/ es, albedo permukaan darat dan laut.
3. Saluran (*band*) 3 untuk menghitung temperatur permukaan laut, mendeteksi distribusi awan pada siang dan malam hari, mendeteksi kebakaran hutan atau prediksi sebelumnya. Saluran (*band*) 3 mempunyai sifat sensitif terhadap sumber panas di permukaan bumi.

- Saluran (*band*) 4 dan saluran (*band*) 5 mempunyai fungsi sama, untuk mengekstraksi nilai temperatur permukaan laut dan darat, mendeteksi awan siang dan malam hari, memantau gunung berapi yang sedang aktif, dan mengukur suhu puncak awan.
- Saluran (*band*) 6 mempunyai untuk deteksi dan analisis warna laut, sebaran phytoplankton, biogeochemistry.

Salah satu pemanfaatan NOAA-AVHRR untuk Fenomena Pesisir Laut (Anugrahadi; 2004) mitigasi bencana adalah mendeteksi sebaran titik panas (*Hotspot*) yang memicu kebakaran hutan dan sebaran asapnya (**Gambar 1.2**).



Gambar 1.2. Deteksi *Hotspot* dan sebaran asap di Riau (Dok LAPAN)

Gambar tersebut adalah citra NOAA-AVHRR 16 rekaman tanggal 10 Agustus 2005 yang dapat memberikan informasi spasial tentang banyaknya *hotspot* (titik panas) yang merupakan kebakaran atau pembakaran lahan (biasanya untuk perkebunan) dan sebaran asap (kabut asap berwarna kuning) yang terjadi di wilayah Riau dan sekitarnya, Pulau Sumatera

1.3.2. Karakteristik Terra-Aqua MODIS untuk Kebencanaan

MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer*) adalah salah satu instrumen (milik Amerika Serikat) yang diletakkan pada Satelit Terra (Jepang), yang diluncurkan 18 Desember 1999. Satelit Terra merupakan program kerjasama internasional antara NASA (Amerika Serikat), Canada, dan Jepang. Karakteristik satelit Terra sudah dijelaskan pada citra Aster MODIS sebagai instrumen utama milik NASA pada satelit Terra sebagai instrumen Earth Observation System (EOS) dan pengganti NOAA. Satelit Aqua diluncurkan tanggal 4 Mei 2002. Lokasi peluncuran Vandenberg Air Force Base, California, Amerika Serikat. Arah orbit Terra utara – selatan dan Aqua dari selatan ke utara.

Sensor MODIS agak berbeda dengan sensor AVHRR yang dipasang pada satelit NOAA. Sensor MODIS mempunyai 36 saluran spektral resolusi spasial tiga variasi, yaitu :

1. Saluran (band) 1 dan saluran 2 resolusi 250 meter
2. Saluran (band) 3 hingga saluran 7 resolusi 500 meter
3. Saluran (band) 8 hingga 36 resolusi 1000 meter (1 km)

Rekaman MODIS menggunakan transmisi saluran X (*X band*). Antena penerima data MODIS Indonesia diletakkan di Pare-pare (Stasiun Bumi Satelit Sumber Alam yang dioperasikan oleh LAPAN). Penempatan antena di Pare-pare agar hanya menggunakan satu antena sudah dapat merekam seluruh Indonesia. Algoritma data MODIS sudah disiapkan oleh NASA sebelumnya untuk seluruh dunia (*Global standart*). Karakteristik data MODIS dan beberapa kemungkinan penggunaannya sesuai dengan panjang gelombang perekaman datanya pada **Tabel 1.1**.

Tabel 1.1. Karakteristik MODIS Terra-Aqua

Kriteria	Karakteristik dan Pemanfaatan
Roket peluncur	Delta II (Aqua), Atlas II-AS(Terra)
Ketinggian orbit	705 km
Sudut inklinasi	98 derajat
Lebar sapuan	2330 km
Umur satelit	6 tahun
Bobot satelit	2934 kg (aqua), 4645 kg (terra)
Resolusi temporal	2 – 3 hari

Kriteria	Karakteristik dan Pemanfaatan
Jumlah spectral 36 band dengan Resolusi Spasial	Band 1 dan 2 resolusi 250 meter
	Band 3-7 resolusi 500 meter
	Band 8-36 resolusi 1000 meter (1 km)
Kegunaan tergantung karakteristik band spektralnya, yang dimanfaatkan untuk:	
Band 1 dan 2	Analisis batas tanah, batas daratan, dan batas awan
Band 3 – 7	Deteksi sifat daratan dan sifat awan: analisis kandungan tanah dan awan
Band 8 – 16	Deteksi dan analisis warna laut, sebaran phytoplankton, biogeochemistry
Band 17 – 19	Analisis uap air atmosfer
Band 20 – 23	Analisis suhu permukaan atau awan
Band 24 dan 25	Analisis suhu atmosfer
Band 26	Analisis awan Cirrus (awan tipis tinggi)
Band 27 – 29	Analisis uap air di atmosfer atas
Band 30	Analisis ozon
Band 31 dan 32	Analisis suhu atmosfer dan permukaan awan
Band 33 – 36	Analisis ketinggian puncak awan

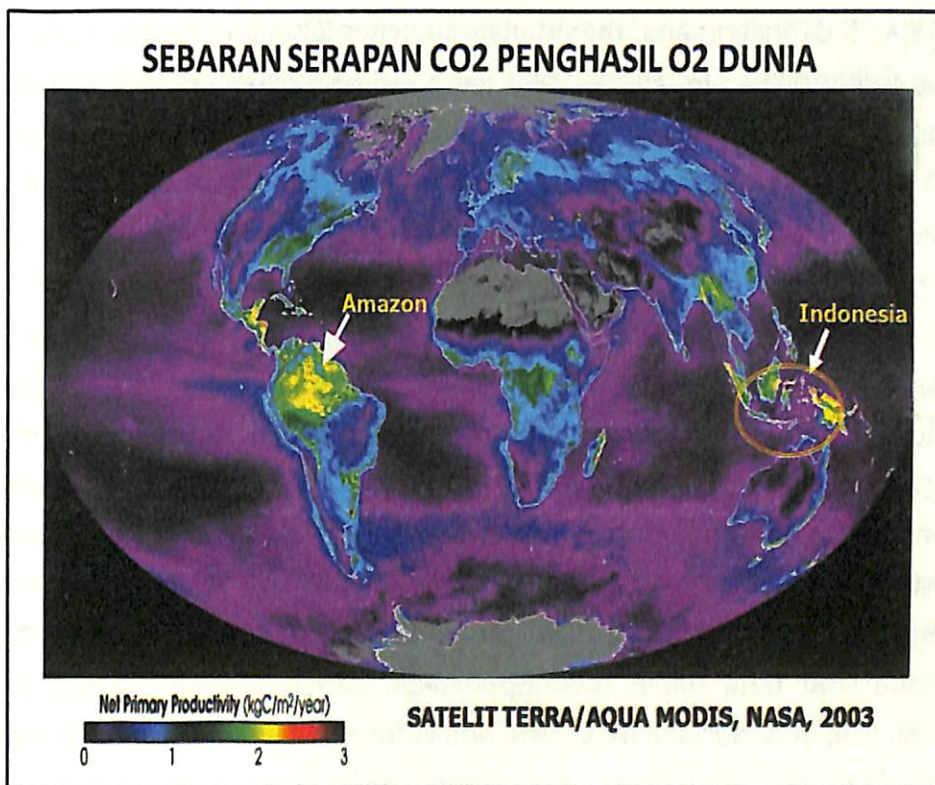
Pemanfaatan citra MODIS saluran 1 s/d 7 dapat digunakan untuk pembuatan peta kontur ketinggian dengan teknik DEM (Digital Elevation Model), menghasilkan citra tiga dimensi (3D). Citra MODIS Terra-Aqua saluran 1 dan 2 untuk peta kontur skala 1 : 200.000 dan skala 1 : 250.000 untuk provinsi dengan interval kontur/beda ketinggian 100 meter. Data Modis saluran 3 s/d 7. yang digabung dengan sistem SRTM (*The Shuttle Radar Topography Mission*) yang resolusinya 90 meter, untuk peta kontur dengan interval kontur 250 meter hingga 50 meter untuk pemetaan skala 1 : 500.000 hingga skala 1 : 100.000.

Citra MODIS saluran 8 s/d 36 karena pemanfaatannya tidak untuk kondisi daratan, maka tidak biasa dibuat citra tiga dimensi (3D), namun untuk dua dimensi. Pemanfaatan data MODIS Terra-Aqua untuk pembuatan model dan lainnya, saat ini masih dikembangkan oleh peneliti-peneliti di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Pantauan sebaran serapan CO₂ penghasil O₂ dunia dari citra satelit Aqua Modis yang dipublikasikan Nasa (2003) pada **Gambar 1.3**.

1. Proses fotosintesa memerlukan CO₂ (Karbon Dioksida) di mana hutan sebagai

paru-paru dunia, di mana hutan di Wilayah Kepulauan Indonesia dan Hutan Amazon di Amerika Latin, dinyatakan sebagai "Paru-paru Dunia"

2. Metabolisme Planet Bumi hasil proses fotosintesis, mampu menyerap CO_2 hingga $2,5 \text{ kg/m}^3/\text{tahun}$, dan Gas CO_2 kemudian dikonversikan menjadi gas Oksigen (O_2) yang diperlukan dalam kehidupan.
3. Berdasarkan kondisi tersebut, maka tahun 2009 keluar Permen Kehutanan Republik Indonesia No: P.30/Menhut-II/2009 Tentang Tata Cara Pengurangan Emisi Deforestasi dan Degradasi Hutan, yang merupakan pengaturan tentang *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation* (REDD).



Gambar 1.3. Serapan CO_2 penghasil O_2 dunia dari citra Aqua Modis (NASA, 2003)

1.3.3. Karakteristik Landsat untuk Kebencanaan

Landsat merupakan contoh satelit sumberdaya milik Amerika Serikat yang diluncurkan sejak tahun 1972. Landsat yang sudah mengorbit saat ini adalah Landsat generasi Landsat 8 yang merupakan kelanjutan dari satelit Landsat sebelumnya, maka disebut Landsat 8 LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*). Landsat 1 hingga Landsat

8 merupakan satelit penginderaan jauh yang berkembang mulai dari konfigurasi dasar satelit hingga kemampuan penampilan obyek permukaan bumi. Landsat 1, 2, 3 konfigurasi dasar satelit, parameter orbit, dan dua sensor yang sama, yaitu sensor fotografi RBV (*Return Beam Vidicon*) dan MSS (*Multi Spectral Scanner*).

Landsat 4 dan 5 data yang direkam menggunakan sensor MSS (*Multispectral Scanner*) dan TM (*Thematic Mapper*) sedangkan data dari Landsat 7 oleh Stasiun Bumi kita adalah ETM (*Edvanced Thematic Mapper*). Karakteristik setiap saluran (*band*) dari citra Landsat MSS dan citra Landsat TM, sangat berpengaruh terhadap aplikasi atau penggunaan dari citranya, baik saluran tunggal maupun kombinasi citra (komposit). Karakteristik citra Landsat 5 MSS mempunyai empat saluran/*band*. Landsat 4 dan 5 dirancang agar mempunyai stabilitas lebih baik dari Landsat 1, 2, dan 3. Landsat 4 diluncurkan bulan Juli 1982 dan Landsat 5 diluncurkan bulan Mei 1984. Landsat 4 dan 5 masih menggunakan sensor MSS namun tidak menggunakan sensor fotografi (RBV), sensor RBV diganti sensor TM (*Tematik Mapper*). Citra Landsat-5 TM Gunung Ijen Jawa Timur. Landsat 6 dirancang untuk menambah kemampuan Landsat 4 dan 5, dengan menambahkan sensor ETM (*Edvanced Thematic Mapper*). Landsat 6 diluncurkan 1993 gagal mengorbit. Oleh karena itu Landsat 4 dan 5 orbitnya dipertahankan hingga Landsat 7 diluncurkan, masih dapat hidup hingga tahun 2010.

Landsat 7 ETM+ dibanding Landsat 5 TM ada tambahan satu saluran, yaitu saluran 8 pankromatik (tampak). Setiap saluran mempunyai kelebihan dan keterbatasan penggunaan data penginderaan jauh tersebut. Citra penginderaan jauh mempunyai karakteristik sesuai panjang gelombang yang digunakan dalam perekamannya. Bagi para pengguna data penginderaan jauh disarankan terlebih dahulu mengenali sifat data, karena sifat data dapat mengoptimalkan penggunaannya. Pengguna tidak perlu memaksakan penggunaan, karena ada keterbatasan informasi bagi setiap data inderaja.

Landsat 7 ETM+ yang diluncurkan bulan April 1999 ternyata hanya beroperasi secara normal hingga bulan Mei 2003. Satelit tersebut telah mengalami kerusakan pada *Scan Line Korrektor* (SLC), sehingga untuk sementara tranmisi data dari satelit dihentikan. Stasiun Bumi Internasional (*IGS = International Ground Station*) mulai bulan Mei 2003 menghentikan perekaman data Landsat dan USGS (*United States Geological Survey*) berusaha memperbaiki kerusakan dengan operasi SLC cadangan.

Namun usaha tersebut tidak berhasil, dan diputuskan bahwa kerusakan SLC adalah kerusakan permanen. Oleh karena itu mulai bulan November 2003 telah dilakukan pengiriman transmisi lagi dengan Model **SLC-Off**, sehingga gambarnya tidak sempurna. Daerah yang terrekam (*covered*) normal hanya 75 % dari seluruh *scene*. Duplikasi gambar dapat dihilangkan dengan sistem koreksi, namun masih terdapat garis-garis diagonal yang dibentuk oleh pixel yang tidak terekam (*blank pixel*). Garis diagonal semakin mengecil (hilang) di bagian tengah, dan membesar di bagian pinggir (kiri dan kanan). Bagian tengah sedikit duplikasi selebar 22 km (tampilan hampir normal).

Landsat 8 LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*) diluncurkan oleh NASA pada tanggal 11 Februari 2013. NASA lalu menyerahkan satelit LDCM kepada USGS sebagai pengguna data terhitung 30 Mei 2013 untuk menyediakan *open acces*. Landsat 8 LDCM pengelolaan arsip data citra masih ditangani EROS (*Earth Resources Observation and Science*) Data Center. Landsat 8 LDCM mengorbit bumi dalam waktu 99 menit dan melakukan liputan ulang pada area yang sama setiap 16 hari sekali (resolusi temporal 16 hari). Landsat 8 LDCM memang lebih cocok disebut sebagai satelit dengan misi melanjutkan Landsat 7 ETM+ daripada disebut sebagai satelit baru dengan spesifikasi yang baru. Hal ini terlihat dari karakteristiknya yang mirip dengan Landsat 7 ETM+, baik resolusinya (spasial, temporal, dan spektral), metode koreksi, ketinggian orbit, karakteristik sensor yang dibawa. Beberapa tambahan penyempurnaan dari Landsat 7 ETM+ antara lain jumlah band, rentang (julat) spektrum gelombang elektromagnetik terendah yang dapat ditangkap sensor, dan nilai bit (rentang nilai Digital Number) dari setiap piksel citra. Publikasikan USGS, satelit Landsat 8 LDCM mengorbit dengan ketinggian 705 km dari permukaan bumi dan memiliki area *scan* seluas 170 km x 183 km (mirip dengan Landsat versi sebelumnya). NASA sendiri menargetkan satelit Landsat LDCM (versi terbarunya) mengemban misi selama 5 tahun beroperasi, yaitu sensor OLI (*Onboard Operational Land Imager*) dirancang 5 tahun dan sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) dirancang 3 tahun. Tidak menutup kemungkinan umur produktif Landsat 8 LDCM dapat lebih panjang dari umur yang dicanangkan sebagaimana terjadi pada Landsat 5 (TM) yang awalnya ditargetkan hanya beroperasi 3 tahun namun ternyata sampai tahun 2012 masih bisa berfungsi.

Landsat 8 LDCM memiliki dua sensor jumlah band sebanyak 11 buah, yaitu (1) sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dengan sembilan band (band 1 – 9) dan (2) *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan dua band (band 10 dan 11). Sebagian besar band memiliki spesifikasi mirip dengan Landsat 7 ETM+ walaupun julatnya sedikit berbeda. Landsat 8 LDCM memiliki beberapa keunggulan dalam panjang rentang (julat) spektrum gelombang elektromagnetik dan jumlah saluran (band) yang dipasang pada Landsat 8 LDCM (11 band). Beberapa spesifikasi baru pada band Landsat 8 LDCM khususnya band 1, 9, 10, dan 11.

1. Band 1 (*ultra blue* Atau $0.43 \mu\text{m} - 0.45 \mu\text{m}$) d lebih rendah dari band 1 Landsat 7 ETM ($0,45-0,52$) μm , sehingga lebih sensitif terhadap pantulan dan tranmisi air. Band *ultra blue* unggul dalam membedakan konsentrasi aerosol di atmosfer dan mengidentifikasi air kedalaman berbeda.
2. Band 9 ($1.360-1.390$) μm pada sensor OLI untuk mendeteksi awan cirrus,
3. Band 10 LWIR ($10.30 - 11.30$) μm dan band 11 LWIR ($11.50 - 12.50$) μm merupakan band thermal sangat bermanfaat untuk mendeteksi perbedaan suhu permukaan bumi dengan resolusi spasial 100 m.

Citra Landsat saat ini sudah dapat anda peroleh secara gratis karena USGS telah mulai menyediakan produk citra *open access* dapat *download* di USGS mulai data tahun 1972 hingga sekarang. Data tahun 1972 – 1984 data Landsat 1 hingga Landsat 3 (ada empat band MSS); data tahun 1984 – 2010 Landsat 4 dan Landsat 5 (ada tujuh band TM). Acess data Landsat 1 hingga Landsat 5 hanya sampai tahun 2012 dan sudah tidak dapat akses lagi karena sudah dikunci (sudah tidak ada direkamnya). Namun anda dapat minta ke Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) yang sudah mengarsipkannya. Sejak Oktober 2003 data-data Landsat 7 ETM+ (8 band) dapat direkam dengan SLC-Off (data *stripping* hanya ada *Gapfill* selebar 22 km). Landsat 8 LDCM yang diluncurkan tanggal 11 Februari 2013 mulai menyediakan produk citra *open access* sejak tanggal 30 Mei 2013, menandai perkembangan baru dunia antariksa yang informasinya diberikan secara gratis.

Pengguna citra biasanya membuat komposisi yang tersusun atas 3 (tiga) warna dasar, yaitu *Red, Green, Blue* (RGB). Saat ini telah tersedia Landsat 8 LDCM yang memiliki jumlah band banyak, maka pengguna dapat memilih atau penyusun RGB komposit, lebih bervariasi, tentu saja disesuaikan dengan penggunaannya. Di dalam

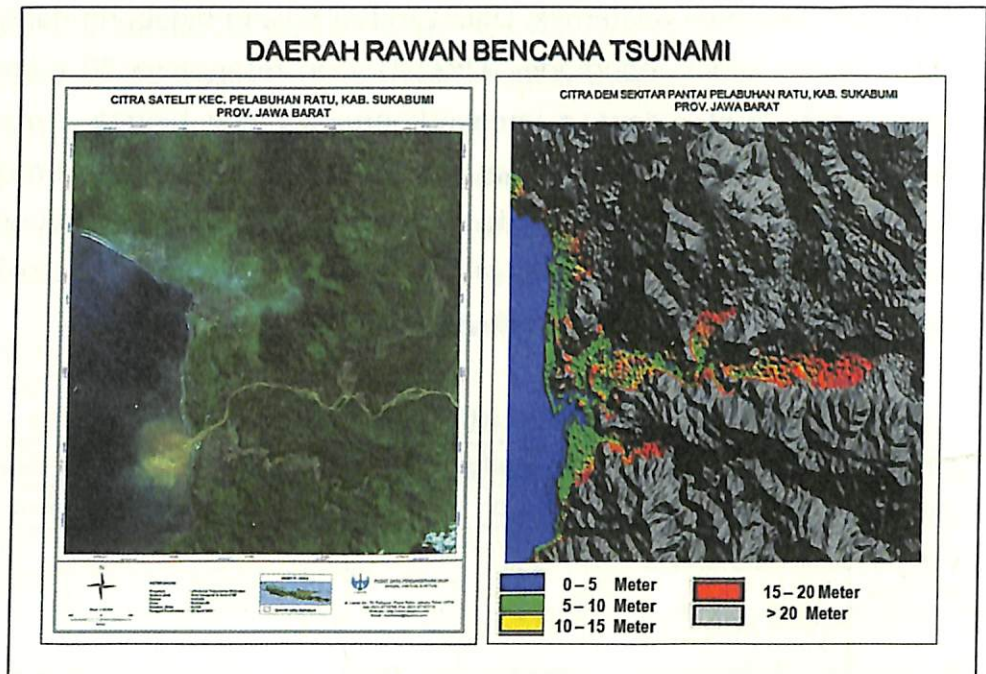
deteksi bencana pemanfaatan sensor Landsat 8 LDCM dapat membedakan bagian permukaan bumi yang memiliki suhu lebih panas dibandingkan area sekitarnya. Pengujian telah dilakukan untuk melihat tampilan kawah puncak gunung berapi, dimana kawah yang suhunya lebih panas, pada citra Landsat 8 LDCM terlihat lebih terang daripada area-area sekitarnya. Data Landsat 8 yang digabung dengan sistem SRTM (*The Shuttle Radar Topography Mission*) yang resolusinya 30 meter dan 15 meter, untuk peta kontur dengan interval kontur 5 meter hingga 1 meter untuk peta skala 1 : 10.000 dan yang lebih besar. Kontur sangat diperlukan untuk prediksi bahaya tsunami, karena kenaikan gelombang dapat berdasarkan ketinggian dari muka air laut. Karakteristik Landsat 1 hingga Landsat 8 disajikan dalam **Tabel 1.2.** agar pengguna lebih paham perbedaan generasi Landsat.

Tabel 1.2. Karakteristik Landsat 1 hingga Landsat 8

Karakteristik	Landsat 1,2,3	Landsat 4, 5	Landsat 7	Landsat 8
Orbit	Sinkron matahari	Sinkron matahari	Sinkron matahari	Sinkron matahari
Ketinggian	(880–940) km	705 km	705 km	705 km
Sudut Inklinasi	99,1 °	98,2 °	98,2 °	98,2 °
Sensor : Saluran/band spektral (µm)	RBV Band 1 : 0,475 – 0,575 Band 2 : 0,58 – 0,68 Band 3 : 0,69 – 0,89 MSS Band 4 : 0,50 – 0,60 Band 5 : 0,60 – 0,70 Band 6 : 0,70 – 0,80 Band 7 : 0,80 – 1,10	MSS Band 4: 0,50-0,60 Band 5: 0,60-0,70 Band 6: 0,70-0,80 Band 7: 0,80-1,10 TM Band 1: 0,45-0,52 Band 2: 0,52-0,60 Band 3: 0,63-0,69 Band 4: 0,76-0,9 Band 5: 1,55-1,75 Band 6: 10,4-12,5 Band 7: 2,08-2,35	TM & ETM+ Band 1: 0,45-0,52 Band 2: 0,52-0,61 Band 3: 0,63-0,69 Band 4: 0,78-0,90 Band 5: 1,55-1,75 Band 6: 10,4-12,5 Band 7: 2,08-2,35 Band 8: 0,52-0,90	OLI Band 1 : 0.43 - 0.45 Band 2 : 0.45 - 0.51 Band 3 : 0.53 - 0.59 Band 4 : 0.64 - 0.67 Band 5 : 0.85 - 0.88 Band 6 : 1.57 - 1.65 Band 7 : 2.11 - 2.29 Band 8 : 0.50 - 0.68 Band 9 : 1.36 - 1.38 TIRS Band 10 : 10.6 - 11.19 Band 11 : 11.5 - 12.51
Resolusi spasial	80 m	– 30m (band 1-5, dan band 7); – 120m (band 6)	– 30m (band 1-5, dan band 7); – 15 m (band 8)	– 30m (band 1 – 7) – 15 m (band 8) – 100 m (10,11)
Cakupan	185 x 185 km	170 x 183 km	170 x 183 km	170 x 183 km
Ulang rekaman	18 hari	16 hari	16 hari	16 hari

Gambar 1.4. Contoh Citra Landsat Pelabuhan Ratu dan data SRTM untuk informasi ketinggian wilayah Pelabuhan Ratu dari pantai hingga pegunungan. Citra

Landsat untuk mengetahui wilayah permukiman yang kemungkinan terkena dampak tsunami, sedangkan citra SRTM untuk mengetahui wilayah rawan tsunami hingga ketinggian hingga 15 m. Citra landsat dapat digunakan untuk memantau bencana abrasi dan akresi (Anugrahadi, 2010 a).



Gambar 1.4. Citra Landsat dan SRTM Pelabuhan Ratu (Dok LAPAN)

1.3.4. Karakteristik SPOT untuk Kebencanaan

SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*) yaitu sistem satelit observasi bumi milik Perancis. Satelit SPOT dirancang oleh Badan Antariksa Perancis (*France Space Agency*) yaitu CNES (*Centre National d' Etudes Spatiales*). SPOT diproduksi Perancis bekerjasama dengan Belgia dan Swedia. Sistem SPOT dilengkapi sistem penerima pengendali satelit, sistem pemrograman, dan sistem produksi citra. SPOT terdiri dari tiga sistem wahana, yaitu

1. Seri pertama adalah SPOT 1, SPOT 2, dan SPOT 3 biasa disingkat SPOT 123, ketiganya didesain dengan karakteristik yang identik, yaitu resolusi tinggi, stereo, dan pengulangan orbit fleksibel menggunakan empat instrumen pada saluran pankromatik, hijau, merah dan inframerah dekat. Satelit SPOT 1 diluncurkan 22 Februari 1986 beroperasi hingga 31 Desember 1990; SPOT 2 diluncurkan 22 Januari 1990 dan diorbit ulang Juli 2009 namun umurnya hanya 2 (dua) minggu,

terbakar 29 Juli 2009, saat ini sudah tidak beroperasi karena problema pada *stabilization system*; dan SPOT 3 diluncurkan 26 September 1993 hingga 14 November 1997.

2. Seri kedua SPOT 4 diluncurkan 24 Maret 1998 didesain dengan perbaikan kinerja dengan menambahkan satu saluran (*band*) inframerah dekat dan instrumen vegetasi sehingga terdapat enam instrumen, yaitu pada saluran pankromatik, hijau, merah, dua inframerah dekat, dan instrumen vegetasi dengan saluran biru. SPOT 4 beroperasi hingga Juli 2013. CNES menurunkan ketinggian satelit 2,5 km pada Januari 2013, dengan siklus perekaman 5 (lima) hari, namun program time series lima hari tersebut menyebabkan *over 42 sites images*, sehingga periode tersebut hanya dapat berjalan dari bulan Februari hingga Mei 2013. Program SPOT 4 dihentikan Juli 2013, fungsinya diambil alih oleh SPOT 5.
3. Seri ketiga SPOT 5 diluncurkan bulan 4 Mei 2002. Sistem perekaman citra stereo SPOT 5. dengan sudut pandang 20° dan tampalan (overlap) 50 %. SPOT 5 telah mengalami perombakan besar pada tingkat ketelitian baik secara planimetri maupun altimetri. SPOT 5 masih menggunakan enam instrumen seperti SPOT 4 tetapi resolusi lebih rinci.
4. Seri keempat SPOT 6 diluncurkan 9 September 2012. Sistem perekaman citra stereo SPOT 6. dengan sudut pandang 20° dan tampalan (overlap) 50 %. SPOT 6 tingkat ketelitian secara planimetri maupun altimetri lebih baik dari SPOT 5. Namun SPOT 6 masih menggunakan enam instrumen seperti SPOT 5 tetapi resolusinya lebih rinci.

Sistem SPOT berhubungan resolusi setiap panjang gelombang elektromagnetik HRV (*High Resolution Visible*); HRVIR (*High Resolution Visible to Near Infrare*); berhubungan resolusi posisi geometrik HRG (*High Resolution Geometric*), ketelitian altimetri instrumen HRS (*High Resolution Stereoscopic*) **Tabel 1.3.** Karakteristik dan kemampuan setiap seri SPOT.

Tabel 1.3. Karakteristik SPOT 1 hingga SPOT 7

(Disarikan dari Sumber : *Astrium Geo Official Website, 2013*)

Karakteristik		SPOT 1,2,3	SPOT 4	SPOT 5, SPOT 6, SPOT 7		
Orbit		Sinkron Matahari	Sinkron Matahari	Sinkron Matahari		
Ketinggian		832 km	832 km	832 km		
Sudut Inklinalasi		98.7°	98.7°	98.7°		
Sensor		HRV	HRVIR	HRG SP 5	HRG SP 6 & 7	HRS SP 5, 6,7
band (µm)	PA : Pank	0,49-0,69	0,49-0,69	0,49-0,69	0,45-0,745	0,49-0,69
	B0 : Biru	-	0,43-0,47	0,43-0,47	0,45-0,525	
	B1 : Hijau	0,49-0,61	0,49-0,61	0,49-0,61	0,53-0,59	
	B2 : Merah	0,61-0,68	0,61-0,68	0,61-0,68	0,625-0,695	
	B3 : NIR	0,78-0,89	0,78-0,89	0,78-0,89	0,76-0,89	
	B4 : SWIR	-	1,58-1,75	1,58-1,75	1,58-1,75	
Resolusi Spasial		20 m (MS) 10 m (PA)	20 m (MS) 10 m (PA)	10 m (MS) 5 m, 2,5 m (PA)	8 m (MS) 1,5 m (PA) 1,5 m (CM)	10 m
Cakupan (km)		60 x 60	60 x 60	60 x 60	60 x 60	120x120
Ulangan Rekaman		26 hari	26 hari	26 hari	26 hari	26 hari
Keterangan Singkatan		HRV : High Resolution Visible HRVIR : High Resolution Visible to Near Infrared HRG : High Resolution Geometric HRS : High Resolution Stereoscopic VINIR : Visible and Near Infrared (MS) NIR : Near Infrared PA : Pankromatik MS : Multispektral (B1+B2+B3) MX : Monokromatik (B4) SWIR : Short Wave Infrared CM : Colour Merge SP : SPOT				

Saluran spektral PA (saluran pankromatik), citra kombinasi (komposit) tiga saluran (B1, B2, B3) atau komposit empat saluran (PA, B1, B2, B3). Saluran pankromatik (PA) mengalami kemajuan pesat, dari resolusi 10 meter (SPOT 4) menjadi 2,5 meter dan 5

meter (SPOT 5). Citra SPOT4 multispektral (MS) resolusi 20 meter menjadi 10 meter.

SPOT 6 seperti SPOT 5 saluran pankromatik resolusinya bertambah halus, menjadi 1,5 meter (Pankromatik dan *Color merger*). Resolusi spasial SPOT 5 multispektral 10 meter, menjadi 8 meter pada SPOT 6 dan SPOT 7. Aplikasi data SPOT tergantung saluran (*band*) spektralnya **Tabel 1.4**. Karakteristik tanggapan spektral obyek setiap saluran dari citra SPOT MS dan pankromatik. Bagaimana cara penggunaannya? Penggunaan tabel sebagai pedoman, untuk memaksimalkan aplikasinya sesuai kemampuan setiap saluran dalam perekaman citra.

Tabel 1.4.

Aplikasi setiap saluran (*band*) SPOT

Saluran (band)	Satelit	Panjang Gelombang (μm)	Aplikasi
PA (Pankromatik)	SPOT 1 s/d 5	0,49-0,69	<ul style="list-style-type: none"> - Pemetaan planimetrik - Identifikasi wilayah permukiman . - Kontras bentang alam dan budaya - Identifikasi kenampakan geologi - Pemetaan altimetrik, ortho, DEM
	SPOT 6 dan 7	0,45 – 0,745	
Saluran 1 : B1 (hijau) HRV, HRVIR, HRG	SPOT 1 s/d 5	0,49-0,61	<ul style="list-style-type: none"> - Tanggap terhadap tubuh air, dan penetrasi tubuh air - Mendeteksi muatan sediment - Puncak pantulan vegetasi dapat membedakan kondisi vegetasi subur/ tidak, identifikasi tanaman
	SPOT 6 dan 7	0,53 – 0,59	
Saluran 2 : B2 (merah) HRV, HRVIR, HRG	SPOT 1 s/d 5	0,61 - 0,68	<ul style="list-style-type: none"> - Kontras kenampakan vegetasi dan bukan vegetasi - Identifikasi penutup lahan, kenampakan alam & budaya
	SPOT 6 dan 7	0,625 – 0,695	

Saluran (band)	Satelit	Panjang Gelombang (μm)	Aplikasi
Saluran 3 : B3 (NIR), HRV, HRVIR, HRG	SPOT 1 s/d 5	0,78-0,89	<ul style="list-style-type: none"> - Tanggap biomasa vegetasi - Kontras tanaman, tanah, air - Kenampakan geologi
	SPOT 6 dan 7	0,76 – 0,89	
Saluran 4 : B4 (SWIR) HRVIR, HRG	SPOT 4, 5, 6,7	1,58-1,75	<ul style="list-style-type: none"> - Deteksi air permukaan - Perbedaan kontras batuan - Kontras air, tanah, vegetasi
Saluran 0 : B0 (Biru) Instrumen Vegetasi	SPOT 1 s/d 5	0,43-0,47	<ul style="list-style-type: none"> - Deteksi perbedaan indeks vegetasi - Biomasa vegetasi - Identifikasi jenis tanaman
	SPOT 6 dan 7	0,45 – 0,525	

Kerincian informasi data penginderaan jauh tergantung pada kepekaan sensor dalam merekam panjang gelombang elektromagnetik berupa resolusi citra. Informasi obyek menggunakan panjang gelombang pankromatik lebih rinci dibanding data yang direkam dengan panjang gelombang inframerah. Kepekaan sensor tergantung panjang gelombang elektromagnetik, interaksi tenaga elektromagnetik dengan benda yang akan direkam. Dasar fisika dapat menjelaskan kerincian adalah teori kuantum. Tenaga kuantum berbanding terbalik dengan panjang gelombang sehingga makin besar panjang gelombang semakin kecil tenaga kuantum.

Radiasi yang dipancarkan secara alamiah oleh panjang gelombang tampak lebih besar dibandingkan panjang gelombang inframerah, sehingga resolusi citra yang menggunakan panjang gelombang tampak lebih rinci dibandingkan menggunakan panjang gelombang inframerah.

Dalam kaitannya dengan pemetaan kebencanaan, maka kemampuan citra untuk membuat peta berhubungan dengan resolusi spasialnya, yaitu 2000 kali penyebut skala, jadi citra SPOT 4 multispektral digunakan untuk pembuatan peta penutup lahan sebelum dan pasca bencana. Skala peta sesuai resolusi spasialnya 20 meter, mampu untuk membuat peta skala 1 : 40.000. Kemampuan dapat ditingkatkan apabila digabungkan dengan SPOT Pankromatik (resolusi spasialnya 10 meter) yang mampu untuk menyajikan informasi skala 1 : 20.000. Gabungan fusi dari citra

SPOT4 multispektral dan pankromatik, misalnya gabungan 123 PA biasanya disebut komposit hyperspectral. Namun sesuai dengan kerincian informasi kapasitas bencana yang harus dapat menggambarkan hingga persil rumah yang terkena bencana, maka kajian kapasitas harus menggunakan citra yang resolusinya lebih tinggi.

Citra SPOT 5 pankromatik resolusi spasial 5 meter dan 2,5 meter, maka SPOT 5 dapat memberikan informasi jauh lebih rinci dibandingkan dengan citra SPOT 4. Kemampuan citra SPOT 5 untuk pemetaan kebencanaan sesuai dengan resolusi citranya dapat digunakan untuk membuat peta skala 1 : 10.000 dari citra resolusi 5 meter, dan peta skala 1 : 5000 dari citra yang resolusinya 2,5 meter. Berdasarkan hal tersebut, maka cita SPOT 5 cocok untuk pembuatan peta penutup/penggunaan lahan wilayah bencana secara rinci. Citra SPOT 5 cocok juga digunakan dalam rencana detail tata ruang (RDTR) wilayah, yang mengharuskan peta dengan skala 1 : 5000. RDTR dapat digunakan untuk pembangunan kembali (rehabilitasi dan rekonstruksi) wilayah sesudah terjadi bencana. SPOT 6 Pankromatik (PA) dan Color Merger (CM) dengan resolusi 1,5 meter, mampu untuk membuat peta lebih detail hingga skala 1 : 3000.

Gambar 1.5. Citra SPOT4 rekaman tanggal 14 Juni 2005 Wilayah Kabúpaten Sopeng, Sulawesi Selatan yang rawan longsor. Tampak wilayah perbukitan dengan tebing yang curam dan di bawahnya berupa lahan pertanian, lahan pertanian bekas longsoran dan masih belum ditanami.



Gambar 1.5. Citra SPOT4 Sopeng, Sulawesi Selatan sering terjadi bencana longsor (Dok LAPAN)

Inpres No.6 Tahun 2012 tentang Tentang Penyediaan, Penggunaan, Pengendalian Kualitas, Pengolahan, dan Distribusi Data Satelit Penginderaan Jauh Resolusi Tinggi. Inpres ini berkaitan dengan distribusi data dengan ketelitian tinggi yang diarsipkan/disimpan/direkam oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), dan Badan Informasi Geospasial (BIG). Berdasarkan Inpres ini memungkinkan instansi pemerintah (Kementerian dan Non-Kementerian, TNI, Kepolisian RI, Pemerintah Daerah Provinsi, Kabupaten/Kota) dapat meminta data resolusi tinggi ke LAPAN dan BIG. Data yang dapat diminta :

1. Menggunakan citra tegak satelit penginderaan jauh resolusi tinggi yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial berdasarkan data satelit penginderaan jauh resolusi tinggi dengan ukuran piksel lebih kecil dan/atau sama dengan 4 (empat) meter yang disediakan oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).

2. Menyampaikan rencana kebutuhan data satelit penginderaan jauh resolusi tinggi untuk pelaksanaan program dan kegiatan tahun anggaran berikutnya kepada Badan Informasi Geospasial (BIG) melalui Rapat Koordinasi Penyediaan Data Satelit Penginderaan Jauh Resolusi Tinggi.

Khusus kepada :

1. Kepala Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) untuk:
 - a. Menyediakan data satelit penginderaan jauh resolusi tinggi dengan lisensi Pemerintah Indonesia;
 - b. Meningkatkan kapasitas dan operasi sistem akuisisi data satelit penginderaan jauh resolusi tinggi;
 - c. Melaksanakan penyediaan data satelit penginderaan jauh resolusi tinggi sesuai dengan ketentuan Peraturan Perundang-undangan;
 - d. Melakukan pengolahan atas data satelit penginderaan jauh resolusi tinggi berupa koreksi radiometrik dan spektral;
 - e. Membuat metadata atas data satelit penginderaan jauh resolusi tinggi sesuai Standar Nasional Indonesia;
 - f. Melakukan penyimpanan data satelit penginderaan jauh resolusi tinggi;
 - g. Bersama Kepala Badan Informasi Geospasial melakukan pengendalian kualitas terhadap data satelit penginderaan jauh resolusi tinggi.
2. Kepala Badan Informasi Geospasial untuk:
 - a. Meningkatkan kapasitas dan operasional sistem pengolahan data satelit penginderaan jauh resolusi tinggi untuk keperluan survei dan pemetaan nasional;
 - b. Membuat citra tegak satelit penginderaan jauh resolusi tinggi untuk keperluan survei dan pemetaan berdasarkan hasil pengolahan atau data satelit penginderaan jauh resolusi tinggi berupa koreksi radiometric dan spectral yang dilakukan oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional;
 - c. Melaksanakan penyimpanan dan pengamanan citra tegak satelit penginderaan jauh resolusi tinggi;
 - d. Melaksanakan penyebarluasan citra tegak satelit penginderaan jauh resolusi tinggi melalui infrastruktur informasi geospasial nasional;
 - e. Bersama kepala lembaga penerbangan dan antariksa nasional melakukan pengendalian kualitas terhadap data satelit penginderaan jauh resolusi tinggi.

Berdasarkan Inpres tersebut kemudahan mendapatkan data resolusi tinggi lebih memungkinkan untuk mengkaji wilayah rawan bencana dengan lebih detail. Kerincian data yang dapat diminta gratis tersebut cukup memadai untuk kajian wilayah bencana. Para pengguna dapat juga menguji kemampuan data/citra satelit penginderaan jauh resolusi tinggi (yang dapat diminta secara gratis) dengan kemampuan data/citra satelit berbayar yang lebih rinci seperti Ikonos (resolusi spasial 1 m); Quickbird (resolusi spasial 0,6 m); Worldview 1 dan Worldview 2 (resolusi spasial 0,5 m); Pléiades (resolusi spasial 2 m (MS) dan resolusi spasial 0,5 m untuk citra pankromatik).

1.3.5. Karakteristik Pléiades untuk Kebencanaan

Program *Pléiades* dari ORFEO (*Cooperation Agreements by the French and Italian Space Agencies*) sebagai satelit militer dan sipil yang merupakan program dari SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*) 6 dan SPOT 7. *Pléiades* didesain sejak bulan September 2001, *Pléiades 1A* diluncurkan pada tanggal 17 Desember 2011 di Guiana Perancis (Amerika Selatan). Program selanjutnya *Pléiades 1B* diluncurkan tanggal 2 Desember 2012. *Pléiades 1A* dan *1B* mengorbit dengan ketinggian 694 km dari permukaan bumi dan memiliki *area scan* seluas 20 km (*single pass*) dan luas *area scan mosaics* hingga 100 km x 100 km. *Pléiades* memiliki resolusi spasial 50 cm (pankromatik) dan 2 meter (multispektal). Karakteristik satelit dan citra *Pléiades 1A* dan *1B* lebih jelas diperiksa Tabel 1.5. Dua produk level proses yang ditawarkan, yaitu Primer (Primary) and Ortho (*Orthorectification*), dari kombinasi semua spectral.

1. Level proses primer (*primary*) dari rekaman citra *Mono Stereo*, *Tri-Stereo*, dan *Koridor*, sesuai kebutuhan dapat dipesan sebelumnya. Level proses sesuai kondisi wilayah dan sitem perekaman sensor *Pléiades* dalam *rectilinear geometry*, dan distorsi radiometrik. *User* dapat memilih area dengan model perekaman data yaitu memilih wilayah (*target*) dari rekaman citra *Mono Stereo*, perekaman jalur untuk pemetaan (*strip mapping*), perekaman *Tri-stereo*, dan perekaman *Koridor*. Data berdasarkan model perekaman data *Pléiades* tersebut, teknik prosesingnya dapat dilakukan sendiri untuk mendapatkan produk seperti *orthorectification* atau model 3D (tiga Dimensi).
2. Level proses Ortho (*Orthorectification*) dari rekaman *monoscopic*, dimana *georeferenced image* sesuai dengan titik kontrol geometri bumi, koreksi titik

kontrol tanah dari pengambilan data *off-nadir* dan *terrain effects*. Hasil proses ini dapat langsung digunakan dalam analisis sistem informasi geografis (SIG). Sedangkan standar model 3D digunakan untuk koreksi elevasi menggunakan data elevasi model 30 (referensi 3D) atau elevasi model 15 (referensi 3D). Bila digunakan untuk keperluan lainnya model 3D dapat dilakukan koreksi lagi menggunakan titik kontrol tanah (GCPs) Produk Ortho juga dapat dimosaik dengan citra yang berbeda tanggal/temporal (*time series*)

Tabel 1.5. Karakteristik Pléiades 1A dan 1B
(Sumber : Astrium GeoInformation Service, 2011-2013)

Parameter	Karakteristik		
Tanggal peluncuran	Pléiades 1A 17 Desember 2011 ; Pléiades 1B 02 Desember 2012		
Tempat	Peluncuran di European Space Centre Sinnamary, Guiana Perancis		
Pesawat luncur	Soyuz		
Orbit	Mendekati Sikron Matahari (<i>Near-Polar Sun-synchronous</i>)		
Sudut Inklinsi	180°		
Ketinggian	694 km		
Cakupan	20 km at nadir		
Kapasitas citra	Kapasitas harian: 1,000,000.km persegi. Strip mapping (mosaic): 100 km x 100 km Stereo imaging: 20 km x 280 km Max. spots over 100 km x 200 km: 30 (<i>crisis mode</i>)		
Akurasi lokasi	With ground control points: 1m Without ground control points: 3m (CE90)		
Nilai Band Pléiades 1A	Band Spektral	Panjang Gelombang	Resolusi
	Panchromatic	480-830 nm	50 cm
	Band 0 - Blue	0.430 - 0.550 μm	2 m
	Band 1 - Green	0.490 - 0.610 μm	2 m
	Band 2 - Green	0.510 - 0.580 μm	2 m
	Band 3- Red	0.600 - 0.720 μm	2 m
	Band 4 - Near Infrared	0,750 – 0,950 μm	2 m

Parameter	Karakteristik		
Nilai Band Pléiades 1B	Panchromatic	480-830 nm	50 cm
	Band 0 - Blue	0.430 - 0.550 μ m	2 m
	Band 1 - Green	0.490 - 0.610 μ m	2 m
	Band 2 - Red	0.600 - 0.720 μ m	2 m
	Band 3 - Near Infrared	0,750 - 0,950 μ m	2 m
Produk citra	Citra hitam putih	Panktomatik	50 cm
	Citra Berwarna	Panktomatik (merge)	50 cm
	Citra Berwarna	Multispektral	2 meter
	Citra hitam putih	Bundle	50 cm
	Citra Berwarna	Bundle Multispektral	2 meter
Level prosesi	Primer (sesuai rekaman sensor)		
	Orthorektifikasi		
Format citra	<ol style="list-style-type: none"> 1. JPEG 2000, optimised compression (3.5 bits/pixel) mudah diakses 2. JPEG 2000, regular compression (8 bits/pixel), rekomendasi pengguna 3. GeoTIFF (uncompressed). 		
Produk incoding	<ol style="list-style-type: none"> 1. Produk 8 bits + <i>optional dynamic range</i> 2. Produk 12 bits dynamic range (4096 values) JPEG 2000 format, 3. Produk 16 bits dynamic range (65536 values), GeoTIFF format 		
Proyeksi ortho	<ol style="list-style-type: none"> 1. Geographic: WGS 84 2. Cartographic: UTM WGS 84 3. Other projections on request (senua proyeksi dapat dipesan). 		

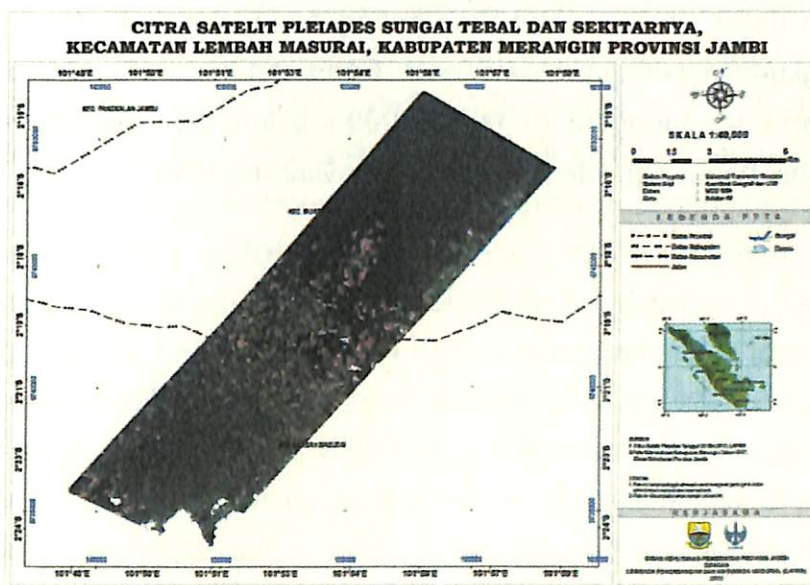
Aplikasi secara otomatis dari citra Pléiades OVR (*Optimized Visual Rendering*) yang sudah koreksi radiometrik, dapat diintegrasikan langsung dalam SIG. Koreksi radiometrik dan penajaman adalah penajaman warna (*colour stretching*) dan penajaman kontras (*contrast enhancement*), perlu koreksi atmosferik (*atmospheric offset subtraction*). Sedangkan kombinasi spectral yang dapat dilakukan pada citra Pléiades seperti Tabel 1.6. Namun sayang sekali citra Pléiades ini masih berbayar, belum

masuk dalam citra satelit penginderaan jauh resolusi tinggi dengan lisensi Pemerintah Republik Indonesia, jadi belum dapat diminta secara gratis ke Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Contoh citra Pléiades **Gambar 1.6**. Wilayah Sungai Tebal, Kec. Lembah Masurai dan Kec. Muara Siau, Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi, yang direkam 30 Mei 2013 dapat dikatakan bahwa hampir tidak ada penutup awan. Penutup lahan yang terlihat berupa hutan di Kecamatan Muara Siau bukan hutan di Sungai Tebal, Kecamatan lembah Mesurai, yang merupakan kawasan Hutan Produksi (HP).

Tabel 1.6. Macam Kombinasi spectral dari citra Pléiades

(Sumber : Astrium GeoInformation Service, 2011-2013)

Karakteristik parameter	Panchromatik (PA)	Multispectral (MS)	Bundle (P+MS)	Pansharpened (PMS)
Resolusi	50cm	2m	50 cm and 2m, separated	50 cm (Colour Merged)
Band spektral	1 band (Black & White)	4 bands (B,G,R,NIR)	1. Pan: 50 cm 1 band (Black & White) 2. Multispectral: 2m : 4 bands (B,G,R,NIR)	1. Pansharpened 4 bands (B,G,R,NIR) 2. Pansharpened 3 bands true colour (BGR) 3. Natural colour (B,R,G) 4. False colour (G,R,NIR)



Gambar 1.6. PCS Pléiades 1B Sungai Tebal, Jambi
(Dokumen LAPAN dan Dinas Kehutanan Jambi, 2013)

1.3.6. Karakteristik *Quickbird* untuk Kebencanaan

Quickbird merupakan satelit milik Digital Globe (USA). Desain dan konstruksi oleh Digital Globe, Ball A & T Corps, Kodak dan Fokker. *Quickbird 2* pada tanggal 18 Oktober 2001 berhasil diluncurkan setelah dua kali mengalami kegagalan. Lokasi peluncuran SLC-2W, Vandenberg AFB, California, Amerika Serikat, dengan Roket peluncur Boeing Delta II. *Quickbird* seperti halnya IKONOS merupakan satelit komersial resolusi tinggi, yaitu resolusi spasial 60 cm (0,6 meter). Citra *Quickbird* mempunyai ketelitian hampir tiga kali ketelitian citra IKONOS pankromatik. *Quickbird* tidak menawarkan stasiun bumi perekam di negara lain. Pertimbangan parameter teknis dianggap sulit bila pengguna (*'user'*) membangun stasiun bumi sendiri.

Pengguna dapat membeli langsung (*build in ground station*) dari operator satelitnya. Distribusi data hanya menggunakan satu stasiun bumi dan yang didistribusikan bukan data mentah ("*raw data*"), tetapi data produk standar dan citra yang sudah diolahnya dengan hasil pengembangan perangkat lunak. Karakteristik Satelit *Quickbird* dengan ketinggian orbit 450 km, Sudut inklinasi orbit 97.2 derajat, kecepatan satelit 7,1 km/detik, lebar sapuan satelit 16,5 x 16,5 km. Umur satelit 5 tahun, bobot satelit 952,5 kg, panjang satelit 3.04 m, akurasi citra 23 meter (horizontal), dan resolusi temporal 3-7 hari. Jenis sensor adalah *Push broom linear array*. Citra *Quickbird* pankromatik (450-900) nm dengan resolusi spasial 0,6 meter. Potensi pemanfaatan untuk analisis perubahan penggunaan lahan, eksplorasi minyak dan gas, studi lingkungan, pemetaan skala besar. **Gambar 1.7.** Citra *Quickbird* Situ Gintung (wilayah Jakarta dan Tangerang) tahun 2009 sebelum dan sesudah bencana banjir limpasan (banjir bandang), karena tanggul Situ Gintung Jebol.



Gambar 1.7. Quickbird 2009 Situ Gintung, Jakarta (sebelum dan sesudah banjir limpasan)

1.3.7. Karakteristik *Worldview* untuk Kebencanaan

Worldview-1 merupakan satelit penginderaan jauh milik Digital Globe (USA) yang didesain sebagai pengembangan satelit resolusi tinggi, yaitu instansi di Amerika yang mengelola *Quickbird*. Desain konstruksi oleh Digital Globe, Ball A & T Corps, Kodak dan Fokker. Lokasi peluncuran SLC-2W, Vandenberg AFB, California, Amerika Serikat, Roket peluncur Boeing Delta II pada tanggal 18 September 2007, pada ketinggian 496 km dengan orbit sinkron matahari (*sun synchronous*) dengan periode orbit 94,6 menit. *Worldview-1* merupakan satelit resolusi tinggi, yaitu resolusi spasial 50 cm (0,5 meter) pada GSD at-nadir, sedangkan GSD 25° off-nadir memiliki resolusi spasial 0,59 meter. Satelit ini masih berstatus eksperimen dengan satu panjang gelombang adalah saluran pankromatik (sinar tampak). Sedangkan *Worldview-2* yang diluncurkan 8 Oktober 2009, pada ketinggian 770 km dengan orbit sinkron matahari dengan periode orbit 100 menit. *Worldview-2* merupakan satelit resolusi tinggi, mempunyai resolusi spasial 46 cm (0,46 meter) pada GSD at-nadir panjang gelombang pankromatik (400–850) nm, sedangkan GSD 25° off-nadir pankromatik memiliki resolusi spasial 0,55 meter. *Worldview-2* selain merekam dengan menggunakan band pankromatik juga sudah menggunakan 8 (delapan) band multispektral

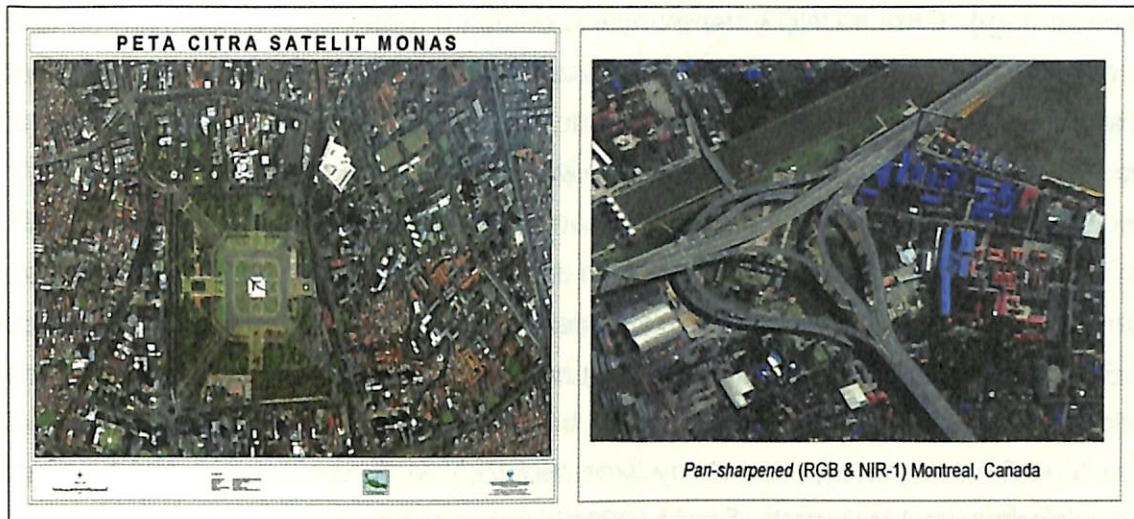
Tabel 1.7. Saluran (*band*) panjang gelombang *Worldview 1* dan *Worldview 2*, adalah (1) biru laut panjang gelombang (400-450) nm, (2) biru panjang gelombang (450-510) nm; (3) hijau panjang gelombang (510-580) nm; (4) kuning panjang gelombang

(585-625) nm, (5) merah panjang gelombang (630-690) nm; (6) merah pekat panjang gelombang (705-745) nm; (7) inframerah dekat-1 (NIR1) panjang gelombang (760-790) nm; dan (8) inframerah dekat-2 (NIR-2) panjang gelombang (860-1040) nm. Resolusi spasial 1,85 meter pada GSD *at-nadir* multispektral, dan 2,21 meter GSD 25° *off-nadir* multispektral.

Tabel 1.7. Band pada *Worldview-1* dan *Worldview-2*
(Publikasi *Worldview*, 2009)

Saluran (band)	Center Wavelength (nm)	Minimum Lower Band Edge (nm)	Miximum Upper Band Edge (nm)
Pankromatik <i>Worldview-1</i>	651	397	905
Pankromatik <i>Worldview-2</i>	627	447	808
Biru laut (<i>coastal blue</i>)	427	396	458
Biru (<i>blue</i>)	478	442	515
Hijau (<i>green</i>)	546	506	586
Kuning (<i>yellow</i>)	608	584	632
Merah (<i>red</i>)	659	624	694
Merah pekat (<i>red edge</i>)	724	699	749
Inframerah dekat-1 (NIR-1)	833	765	901
Inframerah dekat-2 (NIR-2)	949	856	1043

Gambar 1.8. Contoh citra *worldview-2* komposit bad RGB 532 Monas dan sekitarnya, Jakarta rekaman tanggal 19 Desember 2009, dan hasil proses *pan-sharpened* dari 4 band multispektral (*Blue, Green, Red, NIR-1*) dengan standard orthorektifikasi daerah Montreal (Canada). *Pan-sharpened* dapat menggunakan 3 (tiga) band maupun 4 (empat) band tergantung keinginan pengguna warna apa yang diinginkan, misalnya in untuk warna *Natural Color* adalah kombinasi dari *band Blue, Green dan Red*, untuk mendapatkan warna palsu atau *Color Infrared* dari kombinasi *Green, Red dan NIR-1*.



Gambar 1.8. Worldview-2 RGB 532 Monas, Jakarta (Dok. LAPAN)
dan Pan-sharpened Worldview-2 Montreal, Canada
(Publikasi Worldview, 2009)

Dalam kaitannya dengan mitigasi bencana citra Worldview seperti halnya citra Quickbird, maka citra Worldview mempunyai resolusinya sangat halus, sehingga dapat digunakan untuk menghitung rumah di perkotaan, jaringan jalan serta taman kota hingga tajuk pohon secara jelas dan teliti. Citra Worldview (resolusi spasial 50 cm) mempunyai kemampuan sangat rinci, mencakup sarana dan prasarana (struktur ruang dan pola ruang) kawasan perkotaan akan dapat digunakan untuk deteksi bangunan apa saja yang rusak sesudah terjadi bencana. Citra Worldview mampu untuk membuat peta hingga skala 1 : 1000, yang dalam wilayah perkotaan sangat bermanfaat untuk penentuan zonasi rinci, bahkan dapat digunakan untuk penentuan luas bangunan dan pekarangan dalam penentuan pajak bumi dan bangunan (PBB) di wilayah perkotaan. Dalam hal sesudah terjadi bencana dapat menentukan kapasitas yang terkena bencana, sehingga dapat digunakan untuk menghitung kerugian setelah terjadi bencana.

1.3.8. Karakteristik IKONOS untuk Kebencanaan

Satelit IKONOS milik *Space Imaging (USA)*, pengelola GeoEye, desain dan konstruksi Lockheed Martin Space System, berhasil diluncurkan di SLC-2W, Vandenberg AFB, California, Amerika Serikat tanggal 24 September 1999, roket peluncur Athena II. IKONOS merupakan fase baru dalam perkembangan teknologi satelit komersial

resolusi tinggi. Citra IKONOS mempunyai ketelitian tinggi (225 kali ketelitian Landsat 7 band 8 atau saluran pankromatik). Satelit IKONOS dirancang untuk beroperasi selama 7 (tujuh) tahun. Satelit mengorbit dengan ketinggian 681 km dari permukaan bumi, lintasan orbit sinkron matahari (*sun-synchronous*), sudut inklinasi sebesar 98.1°, kecepatan satelit 7,5 km/detik, lebar sapuan (*scanning*) satelit 11,3 km (nadir). Satelit IKONOS mengelilingi bumi 14 kali per hari atau setiap 98 menit untuk sekali lintasan, dengan kecepatan 4,5 *Mile* (7 km) per detik. Daerah liputan perekaman diameter 4.600 km dari stasiun bumi terdekat, liputan area 11 km x 11 km pada setiap lembar citra (*scene*) IKONOS. Resolusi temporal 3 hari. Karakteristik fisik satelit ukuran satelit 6' x 5' (1,8 x 1,6 meter); *Solar Array Extended* 15.5' (4,7 meter); berat 1800 pounds (817 kg); power 1100 watts; Satelit IKONOS menggunakan 3 (tiga) *Axis Stabilized*; menggunakan *Solid State Memory* 80 Gb. Komunikasi gambar digunakan titik, garis dan area (*Point, Lines Of Communications, Board Area Coverage*). Komunikasi untuk penyampaian data (telemetri) digunakan *downlink* (*X band*) untuk citra, Metadata 320 Mb/ detik, telemetri data 32 Kb/ detik (0-255). Komunikasi *uplink* (*S band*) dengan kecepatan perintah (*tasking and command*) 2 Kb/ detik. Satelit IKONOS merekam bumi menggunakan dua sensor, yaitu sensor pankromatik dan sensor multispektral. Karakteristik sensor dengan lobang lensa (*Aperture*) (0,7 - 1) meter dengan kemiringan (*oblique*) 26°, sehingga menghasilkan citra monoskopik dan stereoskopik.

Citra IKONOS pada saluran (*band*) pankromatik (0,45 – 0,90 μm) dengan resolusi spasial 0,82 meter dan 1 (satu) meter, dan multi spektral 4 saluran (biru 0,445-0,516 μm , hijau 0,506 – 0,595 μm , merah 0,632 – 0,698 μm , dan inframerah dekat 0,757 – 0,853 μm) dengan resolusi spasial 3,2 meter atau 4 meter. Kedua produk citra IKONOS tersebut terekam dalam warna atau rona 11-bit dengan gradasi 2048 (0–2047) tingkatan warna atau rona. Kualitas ini lebih rinci dibandingkan perekaman citra 8 bit. Namun demikian keterbatasan warna pada setiap komputer hanya sampai 8-bit, maka warna/rona hanya dapat dikonversi ke 8-bit tingkatan warna (256 tingkatan warna, yaitu gradasi tingkat keabuan dengan nilai digital 0-255).

Citra IKONOS didesain untuk tujuan pemetaan kota (mendeteksi permukiman atau daerah perkotaan yang padat bangunan secara rinci), sumber daya alam dan bencana alam, pertanian dan kehutanan, eksplorasi pertambangan. Citra IKONOS merupakan hasil rekaman satelit IKONOS sebanding dengan foto udara. Citra IKONOS dapat dikoreksi geometriknya secara presisi, sehingga layak untuk pembuatan peta

dasar maupun peta tematik rinci. Skala peta yang dapat dihasilkan dengan menggunakan citra IKONOS adalah Citra pankromatik IKONOS resolusi spasial (0,82–1) meter, memungkinkan pembuatan peta skala besar (skala 1 : 2000). Citra IKONOS multispektral resolusi spasial (3,2 – 4) meter, dapat digunakan untuk pembuatan peta skala 1 : 5000.

Kombinasi saluran (*color composite*) citra menghasilkan warna palsu (*false color*) dan warna asli, sehingga dapat digunakan identifikasi permukaan bumi secara rinci. Berdasarkan penelitian penulis pembuatan peta dari citra IKONOS diperoleh ketelitian pemetaan mencapai > 95 %. Apabila survei lapangannya teliti dengan titik-titik sampel pengukuran geodetic yang benar, maka hasil interpretasi yang dibuat dapat mewakili ketelitian hampir 99 % sesuai kriteria kaidah pemetaan sesuai skala. Citra IKONOS untuk pembuatan peta rinci skala 1 : 2.000 dan skala 1 : 5.000; di dalam kaitannya dengan mitigasi bencana citra IKONOS untuk kawasan rawan bencana hingga skala 1 : 2000 sangat teliti. Citra Ikonos digunakan untuk pantauan (*monitoring*) wilayah sebelum dan sesudah bencana.

Gambar 1.9 Citra Ikonos Aceh Jaya (pantai barat Provinsi Aceh) sebelum dan sesudah bencana tsunami tahun 2004. Tampak pada citra wilayah permukiman (Gambar 1.8. kiri) tampak masih hijau dengan petak rumah dan infrastruktur jalan yang baik. **Gambar 1.9** kanan citra sesudah terjadi bencana tsunami tampak wilayah permukiman yang merupakan daerah dataran habis (warna coklat).



Gambar 1.9. Citra Ikonos Aceh Jaya (pantai barat Provinsi Aceh) sebelum dan sesudah bencana tsunami tahun 2004

1.4. KONSEP DASAR SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)

Teknologi komputer berkembang dengan pesat dan mampu menangani basis data (*data base*) dan menampilkan gambar maupun grafik, merupakan salah satu alternatif untuk menyajikan suatu peta. Sistem yang dapat dikembangkan berupa perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*) untuk kepentingan pemetaan, agar fakta wilayah dapat disajikan dalam satu sistem berbasis komputer. Sistem tersebut kita kenal dengan istilah Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information System* (GIS). Meskipun demikian SIG tidak boleh hanya dipandang sebagai pemindahan peta konvensional (tradisional) ke bentuk peta digital, sebab SIG juga mampu mengumpulkan, menyimpan, mentransformasi, menampilkan, memanipulasi, dan memadukan informasi dari berbagai sektor, sehingga menghasilkan informasi berharga yang diperoleh dari mengkorelasikan dan menganalisis data spasial dari fenomena geografis suatu wilayah.

Perkembangan SIG telah ikut mengembangkan disiplin ilmu geografi, informatika, komputer (Dobson, 1993). Perkembangan tersebut mencakup intelektualitas, sains, dan teknologi. Masalah teori yang sering dibahas mencakup *modeling*, *struktur data*, dan *quality data*. Perbincangan teori sampai saat ini masih menonjol. Masalah teknologi umumnya mencakup *data capture* dan *communication hardware*, sedangkan masalah penerapan masih bertumpu pada masalah isu lingkungan. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa beberapa pokok masalah dalam perkembangan SIG mulai dari cakupan data, struktur dan model data, kualitas dan standar data, kelembagaan, etika, pendidikan, visualisasi, SDSS (*Spatial Decision Support System*), dan penerapannya.

Tuntutan kebutuhan data keruangan (*spatial*), baik untuk kehidupan manusia sehari-hari maupun tujuan-tujuan khusus makin banyak dan kompleks (Marble, 1984). Sebab kebutuhan data keruangan dan analisisnya, tidak hanya dibutuhkan oleh ilmuwan kebumiharian saja, melainkan juga dibutuhkan oleh pemerintah daerah, yang memerlukan informasi tentang distribusi penutup/penggunaan lahan untuk perencanaan pengembangan tataruangnya, dan penentuan kebijaksanaan untuk pembangunan sarana dan fasilitas umum. Insinyur sipil memerlukan informasi permukaan bumi untuk perencanaan jalan, bendungan, jembatan, dan pembangunan gedung. Kegiatan pembangunan menuntut adanya perencanaan penggunaan sumberdaya lahan dan penataan ruang yang didukung oleh informasi fisik dan sosial

ekonomis yang berbasis geografis. Suatu wilayah sering berkembang sangat pesat, maka informasi geografi ikut berubah, untuk memproduksi kembali peta memerlukan proses yang tidak singkat. Pemantauan, inventarisasi kondisi dan kualitas lingkungan, yang dilaksanakan dengan survei terestrial (survei lapangan), sering tidak dapat mengikuti laju perubahannya yang sangat cepat.

1.4.1. Informasi Geografis

Apa yang disajikan dalam peta tidak lain adalah informasi permukaan dan isi bumi. Peta juga dapat menggambarkan distribusi sosial ekonomi suatu masyarakat, seperti peta kependudukan, peta desa tertinggal, peta sebaran pemasaran suatu produk, peta kepariwisataan, peta peninggalan sejarah dan tema lainnya. Peta dapat dikatakan memuat atau mengandung data yang mengacu bumi (*geo-referenced data*), baik posisi (sistem koordinat lintang dan bujur) maupun informasi yang terkandung di dalamnya.

Pengumpulan data dan informasi merupakan bagian dari informasi geografis, yang pada dasarnya bertumpu pada informasi hasil penelitian pengamatan (*observational research*). Oleh karena itu data dan informasi untuk penyusunan rencana tata ruang wilayah dapat diperoleh dengan lima cara, yaitu (1) survei lapangan, (2) data sekunder berupa hasil sensus dan bentuk data statistik, (3) *tracking*, dan (5) teknologi penginderaan jauh, masing-masing dijelaskan sebagai berikut

1. Survei lapangan merupakan pengambilan data dengan cara pengukuran fisik (pengukuran triangulasi/titik-titik geodesi) untuk pembuatan pemetaan topografi, pengambilan sampel fisik (air, tanah, batuan) untuk pembuatan peta tematik atau keperluan pembangunan fisik, dan data non-fisik (penduduk, ekonomi, sosial) untuk peninjauan, penjelasan, prediksi dan pengembangan indikator sosial ekonomi suatu wilayah. Pengumpulan data harus mewakili populasi seluruh wilayah yang diteliti. Teknik pengambilan sampel dapat secara sengaja, misalnya
 - a. Data ekonomi mencakup industri, perdagangan, perkebunan, transportasi, kepemilikan tanah/lahan, harga tanah, pasar, dan peraturan perundangan.
 - b. Data geografi fisik seperti jenis tanah, debit air, temperatur.
 - c. Data kelautan seperti kecerahan air, kekeruhan air, suhu air, pH, salinitas, DO (*dissolved oxygen*), HDL (*conductivity*), plankton (pitoplankton dan

- zooplankton), material apung (*floating material*).
- d. Data sosial mencakup kependudukan, tradisi adat, kelompok masyarakat, dan lembaga sosial;
 - e. Data budaya mencakup pendidikan, agama, dan kesenian;
 - f. Data politik mencakup pemerintahan dan kepartaian.
2. Data sekunder dapat berupa
 - a. Data hasil sensus biasanya digunakan untuk atribut data non-spasial, pengumpulan data secara sensus biasanya dilakukan secara nasional untuk kurun waktu tertentu, seperti sensus penduduk, sensus ekonomi, sensus pemilikan tanah, sensus hasil pertanian dan industri. Pengumpulan data sensus dapat menggunakan daftar pertanyaan (kuesioner), wawancara, dan pengamatan.
 - b. Statistik merupakan metode pengumpulan dari hasil analisis data yang dilakukan oleh badan statistik nasional maupun daerah, misalnya pengumpulan data geografis, dapat dilakukan dengan cara pencatatan dan pengamatan stasiun (curah hujan, temperatur/suhu, kelembaban). Pengambilan data secara menetap pada lokasi yang sama dalam interval atau kurun waktu tertentu, biasanya harian. Hasil data pengamatan dibuat tabulasi dan dianalisis menjadi data statistik.
 3. *Tracking* merupakan cara perolehan data pada periode waktu tertentu, dengan maksud untuk pemantauan atau melihat perubahan. Misalnya data curah hujan harian, pemantauan perubahan ekosistem wilayah pantai, perubahan penutup/penggunaan lahan, perubahan debit air sungai/intake waduk/ bendungan.
 4. Penginderaan jauh, merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu obyek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu sensor atau alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena wilayah yang dikaji.

1.4.2. Komponen dan Perangkat SIG

Sistem informasi geografis (SIG) terdiri atas empat komponen dasar, yaitu perangkat keras, perangkat lunak, data, dan sumberdaya manusia (pengguna SIG). Keempat struktur komponen saling berkomunikasi, baik antardata, antara data

dengan perangkat lunak, perangkat lunak dengan perangkat keras, dan sumber daya manusia dengan perangkat dan data. Masing-masing perangkat sebagai berikut.

1. Perangkat keras berupa komputer, dilengkapi peralatan digitasi, scanner, plotter, monitor, dan printer. Komponen utama perangkat keras sistem informasi geografis (SIG) terdiri dari
 - a. Alat untuk masukan (*input*) data,
 - b. Alat penyimpan data,
 - c. Alat pengolahan dan analisis data, dan
 - d. Alat penampil, alat penyaji hasil pengolahan dan analisis (*output*).
2. Perangkat lunak merupakan komponen untuk mengintegrasikan berbagai macam data masukan, yang akan diproses dalam SIG. Perangkat lunak SIG bekerja sesuai dengan perintah yang diberikan. Pengguna SIG harus menguasai komunikasi sistemnya, yang dapat dilakukan dengan dua bahasa, yaitu bahasa alamiah dan bahasa formal. Bahasa alamiah adalah bahasa sehari-hari yang kita gunakan seperti bahasa Indonesia, Inggris, Perancis dan bahasa yang lainnya. Bahasa formal adalah bahasa yang disusun secara baku dan kaku, untuk memudahkan berkomunikasi dengan sistem informasi yang ada. Jadi bahasa formal merupakan perintah-perintah yang disusun pada perangkat lunak agar sesuai dengan perangkat keras untuk berkomunikasi dengan pengguna.
 - a. Data merupakan komponen utama yang akan diproses dengan menggunakan SIG. Data masukan SIG terdiri data spasial yang berupa vektor, raster, dan data non-spasial berbentuk tabular alfanumerik (Purwadhi 1994), yaitu
 - b. Data spasial dapat berbentuk vektor dan raster. Data spasial berbentuk vektor dapat diperoleh dari peta topografi dan peta tematik. Data spasial yang berbentuk raster dapat dipenuhi dengan bantuan teknologi penginderaan jauh. Data penginderaan jauh dapat berupa CCT (*Computer Compatible Tape*) atau CDROM maupun foto udara. Data CDROM diproses dengan komputer untuk menghasilkan klasifikasi penutup lahan maupun penggunaan lahan atau peta tematik lainnya. Foto udara dikonversi ke dalam bentuk digital, atau diinterpretasi secara visual untuk mendapatkan peta tematik. Informasi spasial disajikan dalam kode titik, garis, poligon/luasan wujud dasarnya.
 - c. Data non-spasial berbentuk tabular alfanumerik bersumber data sekunder dari catatan statistik atau sumber lainnya seperti hasil survei dan eksplorasi. Data

tabular alfanumerik sifatnya sebagai data atribut atau data pelengkap bagi data spasial, yaitu sebagai deskripsi tambahan pada titik, garis, poligon atau batas wilayah. Data atribut berupa tabel-tabel statistik kependudukan, iklim, sumberdaya lahan, sosial ekonomi, kawasan politik dapat dikaitkan dengan luasan administratif. Semua data spasial dan non-spasial berbentuk vektor, raster, dan data tabular alfanumerik dapat disimpan ke dalam basis data SIG. Data masukan SIG, yang berupa data spasial dan non-spasial dapat diperoleh dari empat sumber, yaitu : (1) Data lapangan seperti hasil survei dan eksplorasi. (2) Data sekunder : catatan statistik atau sumber lain; (3) Peta-peta (peta dasar dan peta tematik); (4) Data penginderaan jauh

3. Sumberdaya manusia (SDM) merupakan pengguna sistem yang mengoperasikan perangkat lunak maupun perangkat keras, serta data untuk diolah, maupun dianalisis sesuai dengan kebutuhannya. Pengguna SIG harus menggunakan bahasa sesuai dengan format yang telah diprogram dalam sistem SIG tersebut. Masalah yang sering timbul adalah keterbatasan pengguna untuk berinteraksi dengan sistem informasi yang telah diprogramkan pada perangkat lunak SIG tersebut. Pemecahan masalah bahasa dalam komunikasi dengan sistem informasi perlu ada pendekatan yang bersifat menyeluruh (*comprehensive approach*).

1.4.3. Penyusunan Basis Data dalam SIG

Data dan informasi dikumpulkan, dimasukkan, dikonversi, diklasifikasikan, disunting, dan ditransformasikan dalam basis data, agar siap untuk dianalisis atau dipakai (Purwadhi, 2008). Kemampuan SIG sebagai sistem informasi yang digunakan untuk memasukkan, menyimpan, memanggil kembali, mengolah, menganalisis dan menghasilkan data bereferensi geografis atau data geospasial. Sistem informasi geografis (SIG) untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan penggunaan lahan, sumberdaya alam, lingkungan transportasi, fasilitas kota, pelayanan umum, kebencanaan, hankam, dan lainnya. Data spasial yang berupa data fisik dan data non-spasial berupa data sosial, budaya, dan ekonomi. Analisis data dan informasi tersebut diperlukan suatu perangkat yang dapat mengkoordinasikan antara data spasial dan data non-spasial dalam suatu sistem informasi geografis. Berbagai sarana visual seperti simbol, warna, teks, dan maknanya diterangkan pada

legenda. Pengorganisasian dalam sistem informasi geografis (SIG) diharapkan :

1. Volume penyimpanan data dan informasi menjadi lebih kecil, terklasifikasi lebih baik, dan mudah dimengerti
2. Penyajiannya data dan informasi lebih akurat,
3. Mudah dan cepat pengambilan/ pencarian kembali (*retrieval*) data dan informasi serta menggabung dalam analisisnya

Pemasukan data ke dalam basis data dapat dilakukan dengan beberapa metode utama data keruangan (*spatial*), diperoleh dari :

1. Digitasi peta salah satu pengubah data analog ke format digital, prosesnya menggunakan meja digitasi, *mouse* dan perangkat lunak penerjemah data analog ke digital atau diterjemahkan dalam koordinat (x,y).
2. Interpretasi citra satelit atau foto udara, pemasukan data dan informasi merupakan pembentukan data keruangan melalui interpretasi citra manual, dengan komputer, sehingga data langsung dapat dikonversikan ke dalam data spasial format SIG.
3. *Image processing* (pemrosesan atau pengolahan citra) dari data satelit dengan menggunakan perangkat lunak yang mempunyai kemampuan untuk melakukan pengolahan citra sesuai tujuan interpretasi. Hasilnya sudah berupa data raster dan dapat dikonversikan ke dalam data vektor.
4. *Import* data dari sumber lain, dilakukan dalam pembentukan data spasial yang telah diolah dengan perangkat lunak lain, dikonversikan ke dalam perangkat lunak, misalnya import data dari ArcInfo/ArcView/ArcGis ke perangkat lunak lainnya yang dapat digunakan untuk proses citra penginderaan jauh seperti ERMapper/ Erdas/ ELwis atau sebaliknya.

Pemasukan data dan informasi disesuaikan dengan tujuan pembangunan basis data yang disusun berdasarkan *point coverage* (misalnya kota, pelabuhan), *line coverage* (misalnya jalan, sungai), dan *poligon coverage* (unit penggunaan lahan). Pemisahan informasi dengan konsep lapis-lapis (*layes/ coverages*) obyek, yang sangat penting dalam pengelolaan basis data dalam SIG, yaitu

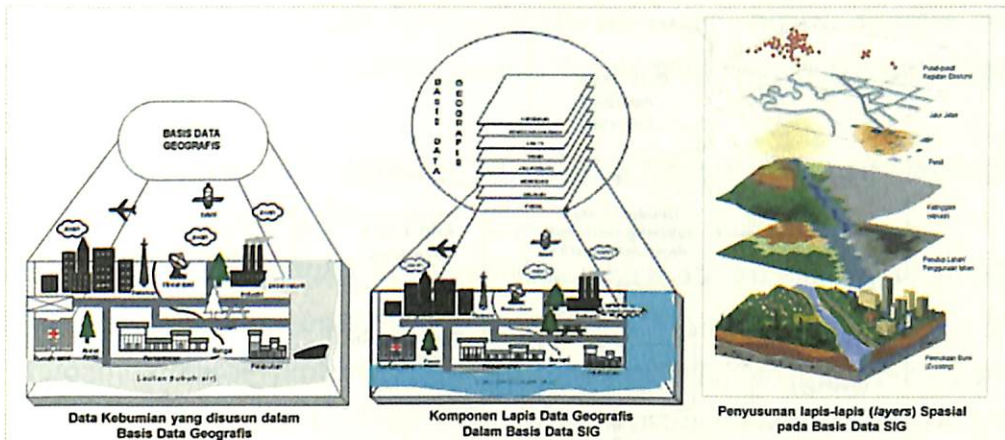
1. Membantu dalam mengorganisasi kenampakan obyek (*feature*)
2. Meminimalkan jumlah atribut berkaitan dengan setiap kenampakan obyek
3. Memudahkan perbaikan dan pemeliharaan peta, karena biasanya tersedia sumber data yang berbeda untuk setiap lapis obyek (*layer*).

4. Menyederhanakan tampilan peta, karena kenampakan obyek (*feature*) yang berelasi mudah digambarkan, dan diberi label (ID) serta di-simbol-kan.
5. Mempermudah proses analisis spasial.

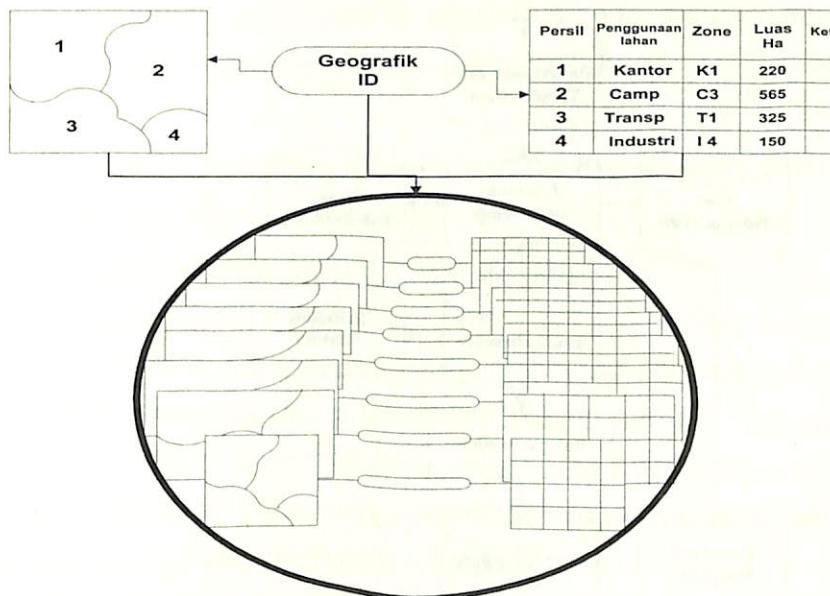
Penyimpanan (*storage*) dari data dan informasi serta kompilasi dalam basis data sistem informasi geografis (SIG) disusun berbentuk lapis-lapis (*layers*). Semua data tersebut dikumpulkan dalam basis data geografis, yang strukturnya meliputi posisi dan hubungan topologis, baik data spasial maupun non-spasial, seperti **Gambar 1.10**. Penyusunan data dan informasi dalam basis data dalam SIG berdasarkan obyek dan fenomena geografis, yang merupakan konsep fenomologis, seperti kota, sungai, dataran rendah/ tinggi, struktur tanah, lautan, kondisi lingkungan termasuk limbah. Obyek mengacu pada lokasinya di permukaan bumi, dengan menggunakan koordinat lokal, nasional, dan internasional. Permodelan dan penyampaian informasi geografis, baik informasi spasial maupun non-spasial dapat disajikan secara terintegrasi dalam sistem informasi geografis (SIG).

Pengelompokan konsep *coverage* disusun seperti **Gambar 1.11**. dipisahkan antara data spasial yang berasal dari peta dan citra/foto udara, data tabular yang berasal dari data statistik, data lapangan berupa data digital.

1. Semua data digital untuk masukan SIG harus berreferensi dalam format geografis.
2. Proses penyesuaian/mengubah format atau konversi data dan disimpan dalam basis data SIG berbentuk lapis (*layers*) informasi sesuai dengan temanya (dapat berupa kenyataan, abstrak, struktur model), contoh lapis topografi, penggunaan lahan, jenis tanah, jalur jalan, dan struktur (penduduk, pasar, dan sebagainya).
3. Pemisahan data dalam lapis-lapis (*layers*), dilakukan dengan baik sebelum proses digitasi. Data yang diperlukan harus diperhatikan informasi apa saja yang terdapat pada peta kerja, misalnya peta topografi.



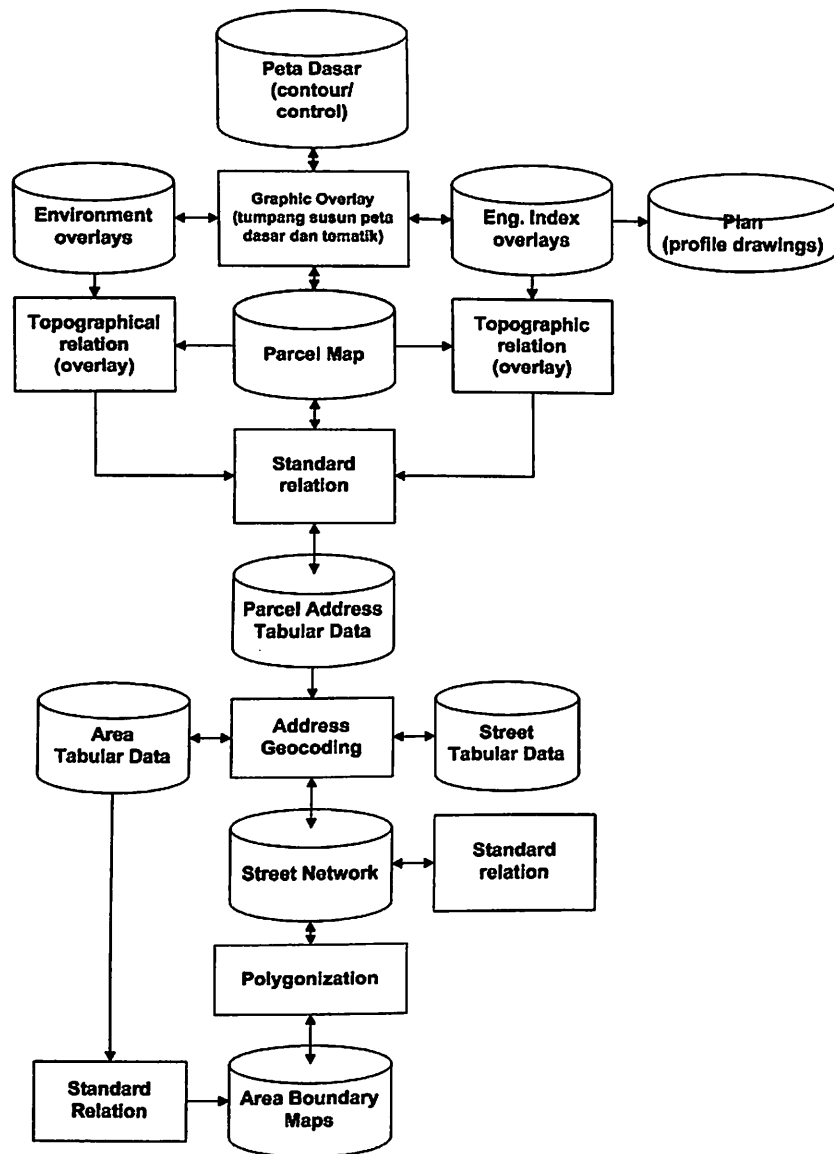
Gambar 1.10. Data Kebumihan Penyusunan Layers dalam Basis Data (Purwadi dan Sanjoto, 2008 dengan perubahan)



Gambar 1.11. Pengelompokan obyek dalam lapis-lapis (layers) pada basis data SIG (Purwadi dan Sanjoto, 2008)

1.4.4. Kompilasi Data dan Informasi dalam Basis Data SIG

Kompilasi data dan informasi disajikan dengan cara spesifik dalam basis data sistem informasi geografis (SIG), baik struktur data dasar maupun struktur perangkat kerasnya. Pembangunan model kompilasi penyajian data dan informasi (fakta) wilayah memerlukan komponen dasar, yang setiap komponen mempunyai kesatuan dasar pemetaan (koordinat peta harus sama). Sepuluh komponen dasar untuk membangun model basis data SIG, saling berhubungan seperti **Gambar 1.12.**



Gambar 1.12. Komponen dasar model kompilasi dan penyajian fakta wilayah

Pembangunan Model Basis Data Sistem Informasi Geografis (SIG) berdasarkan sepuluh komponen dasar pada gambar tersebut yang terdiri atas :

1. Peta dasar, sebagai patokan dalam menentukan posisi peta dan data lainnya. Peta dasar juga sebagai unsur dasar untuk mengetahui kondisi topografi, proyeksi dan posisi lokasi daerah yang dipetakan;
2. Peta lingkungan wilayah untuk mendapatkan data lingkungan berhubungan sesuai tema (tanah, geologi, lereng, hidrologi), berhubungan dengan

kemungkinan penggunaan (permukiman, pertanian, hutan, sumber mineral), kemungkinan bencana (banjir, gempa, tanah longsor), penanggulangan dan pengembangannya;

3. Peta teknik, merupakan kondisi fisik wilayah berupa konstruksi jalan, sungai/saluran air, jaringan listrik ;
4. Peta persil berhubungan dengan status pemilikan, kondisi status tanah atau kondisi permukiman penduduk;
5. Peta/gambar/desain profil perencanaan, merupakan tujuan untuk penataan ruang wilayah, misalnya RTRW, rencana bendungan, pengembangan jaringan telepon;
6. Jalur jalan dilengkapi atribut data alamat (*address*) merupakan toponimi dan simbol-simbol pada peta
7. Data tabular jaringan utiliti adalah tabel mengenai ukuran panjang, lebar, cakupan luas setiap jenis jaringan utiliti (jaringan energi, listrik, telekomunikasi, jaringan air baku)
8. Data tabular area (seperti data luas area permukiman, hutan, perkebunan, dan lain-lain) berbentuk tabular alfanumerik;
9. Basis data geografis (posisi, bentuk lahan/ topografi)
10. Batas-batas seperti batas administratif, batas persil (provinsi, kabupaten, kota, kecamatan, kelurahan, desa, zonasi permukiman, industri, dan lainnya).

Prosedur kompilasi data dan informasi dilakukan dengan cara spesifik dalam basis data sistem informasi geografis (SIG) dalam lima hubungan, yaitu hubungan grafik, hubungan topologi, hubungan alamat, hubungan poligon, dan hubungan standar. Masing-masing dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Hubungan grafik merupakan *overlay* empat komponen data dan peta, yaitu
 - a. Peta dasar sebagai unsur dasar untuk mengetahui kondisi topografi, proyeksi, posisi lokasi daerah;
 - b. Peta lingkungan berhubungan dengan tema (tanah, geologi, lereng, hidrologi), berhubungan kemungkinan penggunaan (permukiman, pertanian, hutan, sumber mineral), kemungkinan bencana (banjir, gempa, tanah longsor), penanggulangan dan pengembangannya;
 - c. Peta teknik : konstruksi jalan, sungai/saluran air, jaringan listrik.
 - d. Peta persil berhubungan dengan status pemilikan.

2. Hubungan topologi merupakan *overlay* unsur-unsur geografis yang dapat diintegrasikan secara kartografis, seperti bentuk poligon, tabel dari beberapa atribut. Misalnya data lingkungan yang dihubungkan dengan data tabular akan diperoleh gambaran distribusi sosial ekonomi masyarakat, seperti peta desa tertinggal, peta kependudukan, peta penduduk kelaparaan, dan lainnya.
3. Hubungan alamat (*address geocoding*) merupakan pemberian simbol dan kelengkapan anotasi dalam suatu jaringan informasi geografis, seperti pembuatan nama jalan, nama sungai, tanda jaringan listrik, PAM. Prosedur ini merupakan asosiasi data spasial dan atribut pemetaan.
4. Hubungan poligon (*polygonization*) hubungan dari penggambaran batas, merupakan kompilasi data segmen yang berhubungan dengan topik penggunaan. Misalnya penyajian batas administratif, batas daerah kepolisian, batas daerah sensus, penggambaran batas penggunaan lainnya.
5. Hubungan standar (*matching*) merupakan prosedur SIG yang merangkaikan data fisik dengan data tabular area. Prosedur ini untuk menggambarkan hubungan lokasi dan fungsi penggunaan yang direncanakan, seperti lokasi pariwisata, lokasi industri, pelabuhan, pasar dan sebagainya.

1.4.5. Analisis Sistem Informasi Geografis

Sistem informasi geografis merupakan suatu sistem yang mengorganisir perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), data, dan dapat mendayagunakan sistem penyimpanan, pengolahan, maupun analisis data secara simultan, sehingga dapat diperoleh informasi yang berkaitan dengan aspek keruangan, baik yang berorientasi ilmiah, komersial, pengelolaan maupun kebijaksanaan. Sistem informasi geografis (SIG) merupakan manajemen data spasial dan data non spasial yang berbasis komputer dengan tiga karakteristik dasar yang saling berkaitan, yaitu

1. Data dan informasi mempunyai fenomena aktual yang berhubungan dengan topik permasalahan dan tujuannya, misalnya ada bencana banjir,
2. Data dan informasi merupakan suatu kejadian dalam suatu lokasi, misalnya banjir terjadi di Jakarta,
3. Data dan informasi mempunyai dimensi waktu misalnya banjir di Jakarta terjadi pada tanggal 2 Januari 2000.

Analisis sistem informasi geografis (SIG) terutama mengenai analisis tumpang susun, penyambungan topologi, kompilasi, dan penyajian fakta wilayah dari berbagai sektor untuk pembuatan model aplikasi penginderaan jauh dan SIG. Satu keuntungan yang dapat diperoleh dari operasional Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah kemampuan dalam integrasi informasi. Teknik pengintegrasian informasi secara konvensional telah lama dikenal, melalui teknik tumpang susun (*overlay*) untuk berbagai keperluan, yang dulu dilakukan secara manual menggunakan kertas transparan. Penerapan pendekatan sistem *overlay* dalam SIG, di samping harus didukung pengetahuan tentang SIG, juga dasar pengetahuan mengenai tata kerja di atas peta, karena peraga utama sistem SIG ini adalah peta. Peta adalah gambaran sebagian permukaan bumi, yang digambarkan pada bidang datar dan ukurannya dapat dipertanggungjawabkan secara matematis. Di dalam SIG, suatu peta atau obyek disajikan pada bidang atau matriks suatu himpunan larik (*array*). Setiap sel dalam *array* hanya dapat menyimpan satu nilai, atribut-atribut geografis yang berbeda (misalnya peta wilayah, vegetasi, penggunaan lahan, geologi). Setiap atribut yang berbeda harus disajikan dalam bidang yang berbeda. Bidang penyajian yang berhubungan dengan suatu atribut geografis disebut lapis (*layer*). Konsep *overlay* merupakan fungsi analisis pada SIG, dan konsep ini sama dengan konsep *picture function* pada pengolahan citra digital penginderaan jauh (Purwadhi, 2001).

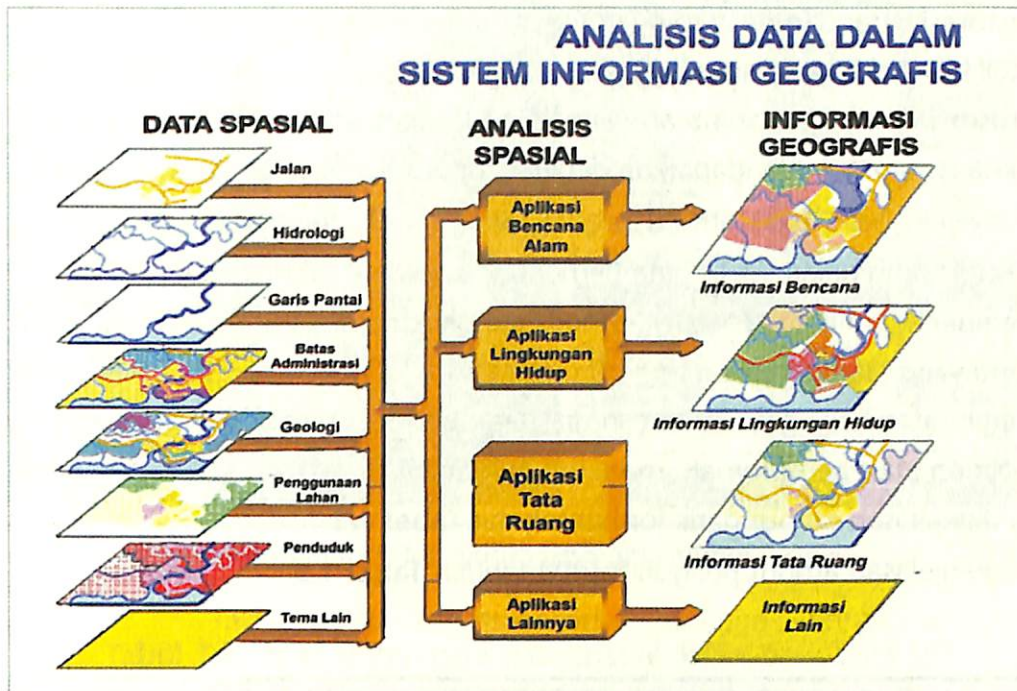
Fungsi analisis *overlay* ini dapat dilakukan dalam satu peta atau beberapa macam peta. Beberapa jenis analisis tumpang susun (*overlay*) yang dapat dilakukan dengan persamaan Boolean dalam SIG yang terdiri dari

1. Analisis lebar dapat menghasilkan perbesaran melebar (*zoom*), seperti pelebaran pola sungai;
2. Analisis *AND* menggambarkan suatu lokasi dengan kriteria gabungan (A dan B);
3. Analisis *OR* menggambarkan lokasi yang dapat masuk kriteria A atau (*or*) dapat masuk kriteria B;
4. Analisis *NOT* menunjukkan kriteria yang lain (bukan), misalnya yang diketahui kriteria A, maka yang lain kriteria bukan A (*NOT A*);
5. Analisis *AND* dan *NOT* merupakan analisis untuk lokasi yang mempunyai kriteria gabungan, misalnya kriteria diketahui (A) dengan salah satu kriteria yang tidak diketahui (*NOT B*), maka hasil gabungan masuk (A dan *NOT B*);

6. Analisis penjumlahan merupakan penjumlahan dari dua kriteria yang diketahui;
7. Analisis interaksi merupakan analisis penggabungan garis; Analisis ini digunakan untuk mencari lokasi yang memerlukan penanganan khusus seperti contoh jaringan sungai dengan rel kereta api, di mana penanganan khusus pada perpotongannya diperlukan bangunan jembatan.
8. Analisis line poligon atau analisis garis dan bidang merupakan analisis gabungan interseksi dan bidang. Analisis ini digunakan untuk melakukan evaluasi atau penilaian suatu lokasi, misalnya untuk menilai lokasi rawan banjir. Analisis ini, untuk penilaian lingkungan dan kebencanaan (banjir, gempa bumi, tanah longsor, kekeringan), juga menilai lokasi dalam perencanaan pemanfaatan suatu wilayah, seperti permukiman, industri, pesawahan, dan penggunaan lainnya.

Proses analisis *overlay* dari berbagai data spasial yang sudah dimasukkan dalam basis data dapat diaplikasikan untuk berbagai aplikasi yang berhubungan dengan keruangan seperti pada **Gambar 1.13**. Tahapan proses analisis *overlay* dari berbagai data spasial yang sudah dimasukkan dalam basis data sebagai berikut

1. Data spasial yang berupa jalur jalan, kondisi hidrologi, garis pantai, geologi, penggunaan lahan, kependudukan, dan data lain (topografi, bentuk lahan, kelerengan) sudah dibuat sebagai layers peta tematik, sebagai data masukan. Data spasial dapat diperoleh dari peta tematik yang sudah ada atau dari hasil analisis data penginderaan jauh (seperti penutup/penggunaan lahan). Data spasial dalam bentuk layers peta-peta tematik tersebut dianalisis sesuai dengan aplikasi yang diinginkan (tujuan).
2. Analisis spasial tumpang susun (*overlay*) dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) dilakukan dengan persamaan Bolean, sesuai temanya seperti aplikasi kebencanaan, aplikasi lingkungan hidup, aplikasi tata ruang dan aplikasi lainnya. Penggunaan analisis tumpang susun (*overlay*) dalam SIG dengan memilih metode yang sesuai tema apakah analisis AND, OR, NOT, penjumlahan, perkalian, garis dan poligon, yang dapat disesuaikan dengan topik.
3. Informasi geografi bersifat keruangan dapat diperoleh sesuai tujuan analisis, misalnya informasi kebencanaan, informasi lingkungan hidup, informasi tata ruang dan informasi lainnya sesuai dengan tujuan analisis.



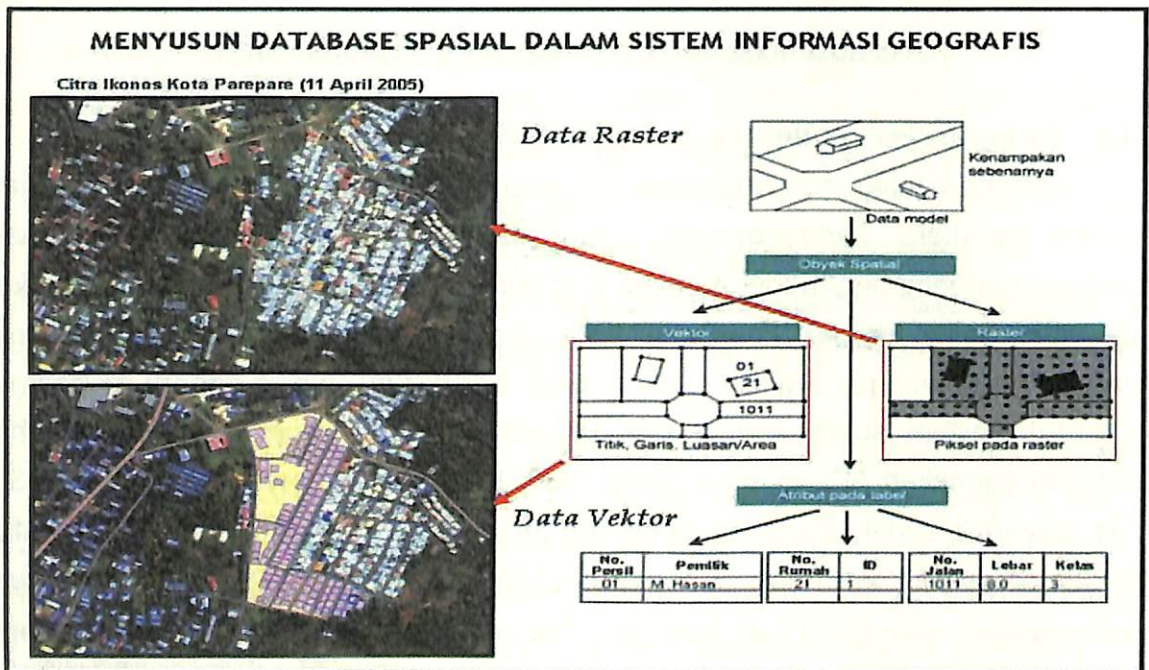
Gambar 1.13. Analisis *overlay* data spasial dalam SIG

1.4.6. Integrasi Penginderaan Jauh dan SIG

Penggunaan SIG memungkinkan manajemen basis data sosial budaya menjadi semakin kompleks. Perkembangan positif dari dokumen kartografi (pemetaan) membuat pengembangan SIG menjadi semakin penting untuk mengidentifikasi data yang paling sesuai. Pemilihan data dan bagaimana mempresentasikannya kemudian menjadi pertanyaan utama bagi bermacam pihak seperti pengambil keputusan, sistem analis dan teknisi. Perbedaan selalu muncul di antara pihak yang menggunakan SIG maupun yang tidak menggunakannya. Pemanfaatan SIG pada dasarnya sudah mulai berkembang di banyak institusi sebagai alat untuk mengorganisasikan informasi dan pengambilan keputusan, seperti proyek-proyek pembangunan membutuhkan berbagai macam informasi terbaru pada berbagai macam skala (lokal, regional, nasional, maupun internasional). Contoh oleh Purwadhi dan Sadjoto, 2008 integrasi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG) Pare-Pare, Sulawesi Selatan seperti **Gambar 1.14**. Prosedur penyusunan basis data spasial dari citra IKONOS Kota Pare-Pare 11 April 2005, yaitu

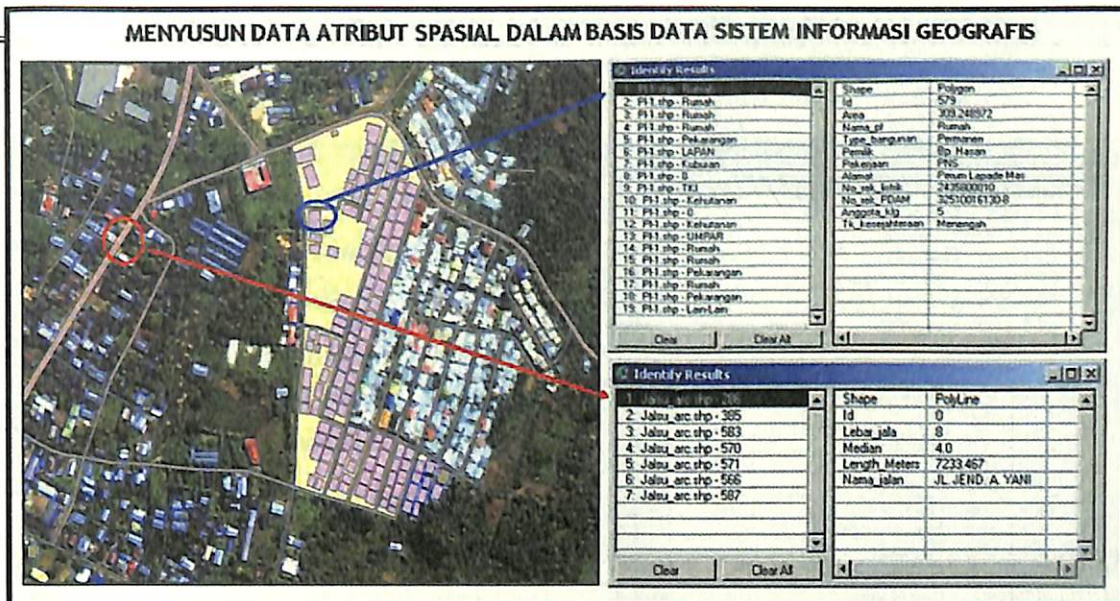
1. Pembuatan desain penyimpanan data dalam basis data SIG.
2. Pengolahan data penginderaan jauh (koreksi radiometrik dan geometrik) dan

- restorasi citra, dan penyajian citra komposit sebagai data raster hasil koreksi citra IKONOS Kota Pare-Pare rekaman 11 April 2005 tersebut.
3. Proses penyajian dilanjutkan yaitu dengan dengan digitasi kenampakan obyek pada citra untuk mendapatkan data vektor untuk penyajian data vektor dari citra.
 4. Penyajian basis data atribut spasial, yaitu untuk pemberian atribut pada data vektor, yang dalam basis data berbentuk lapis data tabular alfanumerik
 5. Pemberian atribut seyogianya serinci mungkin, namun demikian tergantung skala peta yang akan disajikan.
 6. Pembuatan basis data atribut spasial (**Gambar 1.15**) seperti penjelasan mengenai poligon atau persil rumah, maupun untuk obyek garis seperti sungai dan jalan.
 - a. Penjelasan atribut garis format tabular **Tabel 1.8**.
 - b. Penjelasan atribut poligon format tabular **Tabel 1.9**.



Gambar 1.14. Menyusun data spasial dari citra IKONOS

MENYUSUN DATA ATRIBUT SPASIAL DALAM BASIS DATA SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS



Gambar 1.15. Menyusun basis data atribut spasial

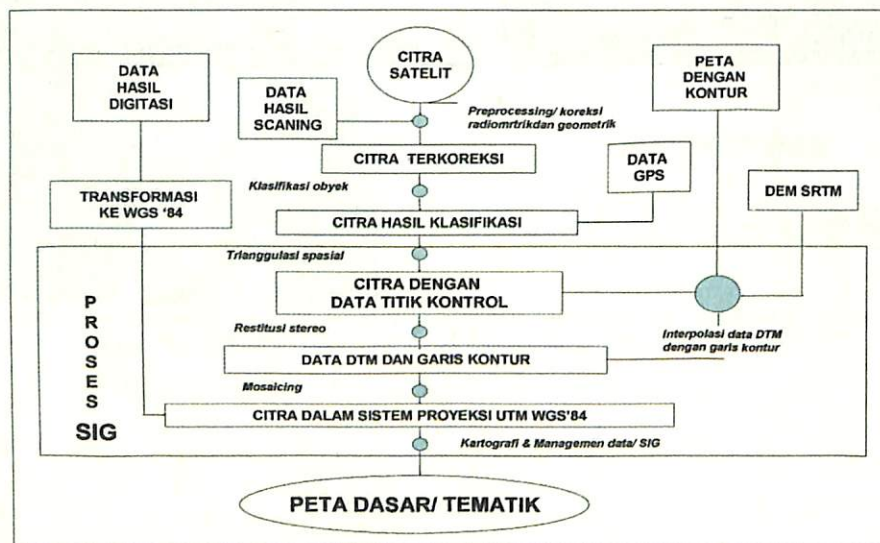
Tabel 1.8. Tabel atribut garis data spasial dalam basis data SIG

Identified Features	Attributes
1: Jalsu_arc.shp - 286	Shape: PolyLine
2: Jalsu_arc.shp - 385	Id: 0
3: Jalsu_arc.shp - 583	Lebar_jala: 8
4: Jalsu_arc.shp - 570	Median: 4.0
5: Jalsu_arc.shp - 571	Length Meters: 7233.467
6: Jalsu_arc.shp - 566	Nama_jalan: JL. JEND. A. YANI
7: Jalsu_arc.shp - 587	

Tabel 1.9. Tabel atribut poligon data spasial dalam basis data SIG

Identify Results	
1: PI-1.shp - Rumah	Shape Polygon
2: PI-1.shp - Rumah	Id 579
3: PI-1.shp - Rumah	Area 309.248972
4: PI-1.shp - Rumah	Nama_pl Rumah
5: PI-1.shp - Pekarangan	Type_bangunan Permanen
6: PI-1.shp - LAPAN	Pemilik Bp. Hasan
7: PI-1.shp - Kuburan	Pekerjaan PNS
8: PI-1.shp - 0	Alamat Perum Lapade Mas
9: PI-1.shp - TKI	No_rek_listrik 2435800010
10: PI-1.shp - Kehutanan	No_rek_PDAM 32510016130-8
11: PI-1.shp - 0	Anggota_klg 5
12: PI-1.shp - Kehutanan	Tk_kesejahteraan Menengah
13: PI-1.shp - UMPAR	
14: PI-1.shp - Rumah	
15: PI-1.shp - Rumah	
16: PI-1.shp - Pekarangan	
17: PI-1.shp - Rumah	
18: PI-1.shp - Pekarangan	
19: PI-1.shp - Lain-Lain	

Integrasi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG) dapat digunakan untuk pembuatan model dengan pendekatan analisis baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Pembuatan peta dasar atau peta tematik dari semua data olahan, baik data spasial (berasal dari peta, citra, data lapangan), maupun data non-spasial (sumber data primer dan sekunder). Prosedur pembuatan peta dasar dan peta tematik dari integrasi data penginderaan jauh dan sistem informasi geografis, menurut Purwadhi (2001) dilakukan dengan diagram alir **Gambar 1.16**.



Gambar 1.16. Diagram alir integrasi pembuatan peta dasar/tematik (Purwadhi, 2001)

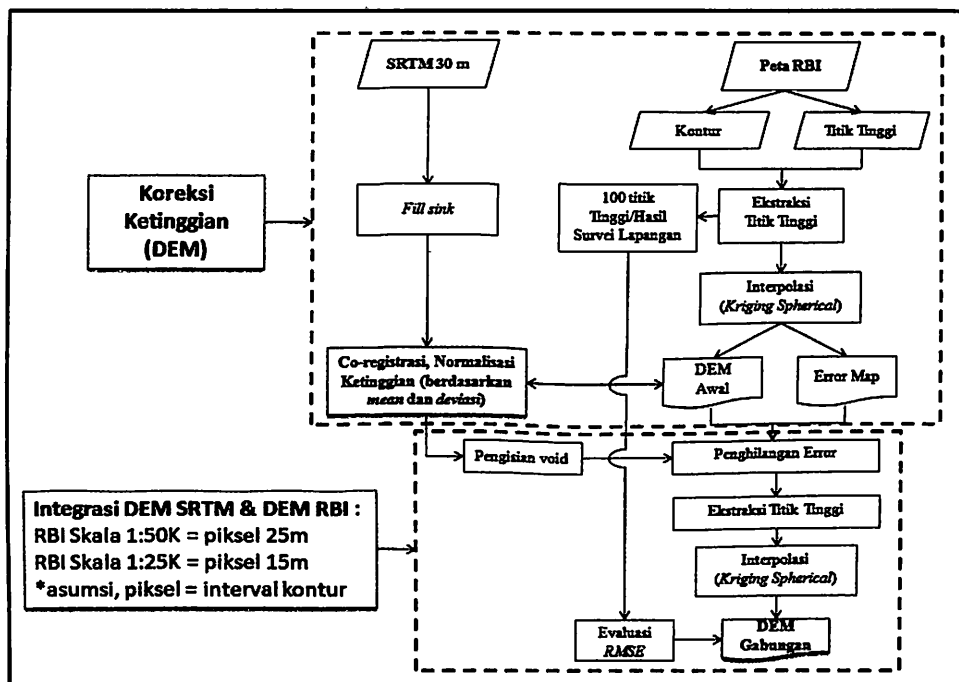
Prosedur pembuatan peta dasar dan peta tematik dari integrasi data penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dengan tahapan berikut.

1. Data masukan untuk pembuatan peta dasar atau peta tematik berupa
 - a. Data spasial (dapat menunjukkan posisi, ukuran, dan kemungkinan hubungan topologis) berbentuk data raster berasal dari data penginderaan jauh dan vektor berasal dari digitasi data dan atau peta
 - b. Data non-spasial dalam bentuk angka, huruf, dan tabel, digunakan atribut data spasial.
2. Informasi geografis disimpan sesuai dengan temanya (kenyataan, abstrak, struktur model), sebagai contoh terdapat lapis informasi topografi, penggunaan lahan, jenis tanah, jalur jalan dan sungai, dan atribut yang berupa struktur sosial-ekonomi daerah seperti penyebaran penduduk, wilayah pertanian, industri, dan sebagainya. Komponen data dasar geografis dalam basis data SIG memuat informasi dasar untuk analisis sesuai tujuan dan sasaran pekerjaan.
3. Data dan informasi dari penginderaan jauh satelit diproses sebagai berikut.
 - a. Citra penginderaan jauh satelit dapat berupa citra Landsat, SPOT, ALOS, Quickbird, IKONOS, Worldview, dan citra lainnya.
 - b. Citra satelit dilakukan pra-pengolahan data atau pengolahan awal yang terdiri dari koreksi radiometrik dan koreksi geometrik terhadap citra penginderaan jauh satelit, agar kesalahan nilai digital tiap pixel dan kesalahan posisi geometri tiap pixel menjadi sekecil-kecilnya. Pra-pengolahan data juga melakukan rekonstruksi citra atau perbaikan citra, penajaman citra bertujuan untuk peningkatan mutu dan penampilan citra, sehingga sesuai dengan obyek permukaan bumi yang diindera. Hasilnya berupa citra terkoreksi.
 - c. Klasifikasi obyek dapat diinterpretasi secara digital maupun interpretasi manual (*delineasi on screen*) dan digitasi jalur jalan, sungai, garis pantai, serta obyek yang berbentuk jalur, yang dapat dikenali pada citra. Hasilnya berupa citra hasil klasifikasi.
4. Proses menggunakan perangkat lunak sistem informasi geografis (SIG) berupa
 - a. Citra hasil klasifikasi dengan proses SIG dimasukkan data titik-titik dari GPS dari triangulasi spasial, dan hasilnya berupa citra dengan data titik kontrol.
 - b. Proses restitusi stereo pada citra dengan data titik kontrol, memasukan data

kontur, dari peta kontur atau DEM SRTM, diperoleh data ketinggian (DTM) dan garis kontur

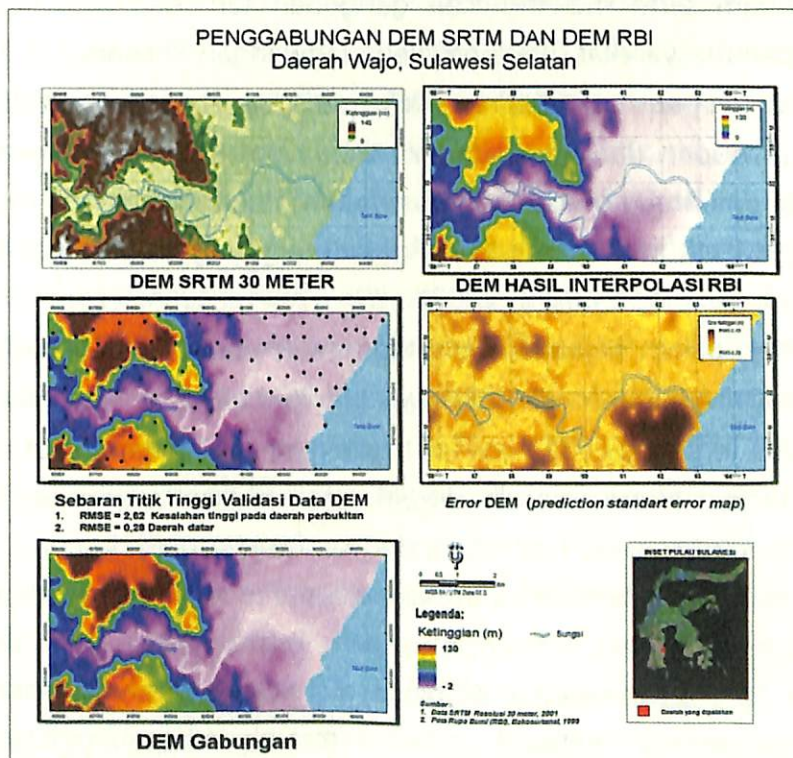
- c. Proses mosaiking dari interpolasi data ketinggian (DTM) dan garis kontur dengan data digitasi yang sudah ditransformasi ke WGS'84, sehingga diperoleh citra dalam sistem proyeksi WGS'84.
5. Proses akhir berupa proses kartografi (generalisasi, eksagerasi, toponimi, simbolisasi, desain tata letak, inset peta, dan informasi tambahan) dan manajemen data SIG (atribut/symbol, pencarian atribut, pengarsipan data, pemodelan bertingkat, pemodelan jaringan, topologi, transformasi skala, transformasi proyeksi, pemodelan relasional, analisis tumpang susun (*overlay*), operasi konektivitas, operasi pengukuran, tampilan perspektif dan grafis, peta statistik, penyuntingan/ editing).
6. Hasil akhir berupa peta dasar atau peta tematik sesuai tujuan

Penggabungan antara data penginderaan jauh dan peta dalam analisis SIG antara lain dapat dilakukan untuk penggabungan data DEM SRTM dengan DEM RBI (peta rupabumi) yang dapat digunakan membuat peta geomorfologi detail untuk mengetahui intensitas guncangan bencana gempa bumi. Diagram alir gabungan SRTM dan RBI untuk koreksi wilayah ketinggian (DEM) seperti **Gambar 1.17**.



Gambar 1.17. Diagram alir integrasi DEM SRTM dan DEM RBI

Contoh aplikasi penggabungan data DEM SRTM resolusi 30 meter dengan DEM RBI skala 1 : 50.000 di wilayah perbukitan sekitar Sungai Mangottong, Kabupaten Wajo, Sulawesi Selatan pada **Gambar 1.18**. Aplikasi penggabungan sebaiknya dilakukan terpisah antara wilayah dataran dan wilayah perbukitan. Hal itu dapat dimaklumi, karena untuk koreksi geometric daerah dataran dan daerah perbukitan seharusnya menggunakan metode yang sesuai dengan bentuk lahannya. Ketentuan metode untuk wilayah perbukitan biasanya juga cocok untuk wilayah dataran, namun bila metode yang diterapkan untuk wilayah dataran belum tentu sesuai dengan wilayah perbukitan. Hal ini dikarenakan pengambilan titik sampel wilayah dataran biasa menggunakan metode yang paling sederhana dengan titik kontrol tanah yang minimum. Sedangkan wilayah perbukitan yang bentuk lahannya bervariasi memerlukan titik yang relatif lebih banyak untuk keakuratannya. Contoh validasi data DEM tersebut untuk daerah dataran sangat bagus dengan nilai RMS Elevasi (RMSE) sebesar 0,28. Namun untuk wilayah perbukitan kesalahan tinggi dengan nilai RMSE sebesar 2,62. Oleh karena itu pembuatannya untuk wilayah dataran dan perbukitan dipisahkan, atau titik yang diambil di perbukitan lebih banyak sesuai kemiringan lerengnya.



Gambar 1.18. Aplikasi Penggabungan DEM SRTM dengan DEM RBI

1.5. BATASAN DAN PENGERTIAN

Agar diperoleh konsepsi yang sama maka akan diberikan batasan, pengertian, dan arti istilah-istilah yang akan digunakan. Batasan, pengertian, dan istilah-istilah penting yang berhubungan dengan mitigasi bencana dan bidang aplikasi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG), untuk melandasi penyajian buku ini, dan mempermudah dalam mengikuti uraian selanjutnya.

Bahaya (*Hazard*) adalah situasi, kondisi atau karakteristik biologis, klimatologis, geografis, geologis, sosial, ekonomi, politik, budaya dan teknologi suatu masyarakat di suatu wilayah untuk jangka waktu tertentu yang berpotensi menimbulkan korban dan kerusakan. Bahaya dapat juga didefinisikan sebagai suatu fenomena alam atau buatan yang mempunyai potensi mengancam kehidupan manusia, kerugian harta benda dan kerusakan lingkungan.

Bencana dengan pengertian sebagai berikut

1. Bencana adalah rangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam, manusia dan atau oleh keduanya yang mengakibatkan korban dan penderitaan manusia, kerugian harta benda, kerusakan lingkungan, kerusakan sarana prasarana dan fasilitas umum serta menimbulkan gangguan terhadap tata kehidupan dan penghidupan masyarakat (Bakornas Penanggulangan Bencana, 2001).
2. Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis (BNPB, 2007).
3. Bencana merupakan kejadian kerusakan pada pola pokok kehidupan normal, yang biasanya merupakan gangguan yang cukup besar (parah), mendadak, tidak diperkirakan terjadinya, dan meliputi (dengan jangkauan) daerah yang luas. Bencana bersifat merugikan kehidupan manusia (kehilangan jiwa, luka badan, kesengsaraan, gangguan kesehatan, dan kehilangan harta benda).
4. Bencana memengaruhi struktur sosial masyarakat (kerusakan sistem pelayanan, gedung dan bangunan, infrastruktur, dan sarana komunikasi). Bencana yang dapat merusak dan memicu munculnya kebutuhan pada masyarakat yang berhubungan dengan kebutuhan hidup (tempat tinggal, pakaian, makanan, obat-obatan, dan sebagainya)

Data dan Informasi Bencana Indonesia (DIBI) adalah sebuah aplikasi analisis *tools* yang digunakan untuk menyimpan data bencana serta mengelola data spasial maupun data nonspasial baik bencana skala kecil maupun bencana dalam skala besar. Terdapat banyak faktor yang dapat meningkatkan terjadinya risiko bencana.

Rawan Bencana adalah kondisi atau karakteristik geologis, biologis, hidrologis, klimatologis, geografis, sosial, budaya, politik, ekonomi, dan teknologi pada suatu kawasan untuk jangka waktu tertentu yang mengurangi kemampuan mencegah, meredam, mencapai kesiapan, dan mengurangi kemampuan untuk menanggapi dampak buruk bahaya tertentu.

Risiko (*Risk*) Bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu kawasan dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat.

Tingkat Risiko adalah perbandingan antara Tingkat Kerugian dengan Kapasitas Daerah untuk memperkecil Tingkat Kerugian dan Tingkat Ancaman akibat bencana.

Kajian Risiko Bencana adalah mekanisme terpadu untuk memberikan gambaran menyeluruh terhadap risiko bencana suatu daerah dengan menganalisis Tingkat Ancaman, Tingkat Kerugian dan Kapasitas Daerah, dalam bentuk tertulis dan peta.

Peta Risiko Bencana adalah gambaran Tingkat Risiko bencana suatu daerah secara spasial dan non-spasial berdasarkan Kajian Risiko Bencana suatu daerah.

Pengurangan Risiko Bencana (*Disaster Risk Reduction*) adalah segala tindakan yang dilakukan untuk mengurangi kerentanan dan meningkatkan kapasitas terhadap jenis bahaya tertentu atau mengurangi potensi jenis bahaya tertentu.

Forum Pengurangan Risiko Bencana (*Forum PRB*) adalah wadah yang menyatukan organisasi pemangku kepentingan, yang bergerak dalam mendukung upaya-upaya pengurangan risiko bencana.

Penanggulangan Bencana (*Disaster Management*) adalah upaya yang meliputi: penetapan kebijakan pembangunan yang berisiko timbulnya bencana; pencegahan bencana, mitigasi bencana, kesiapsiagaan, tanggap darurat, rehabilitasi dan rekonstruksi.

Rencana Penanggulangan Bencana (*RPB*) adalah rencana penyelenggaraan penanggulangan bencana suatu daerah dalam kurun waktu tertentu yang

menjadi salah satu dasar pembangunan daerah, misalkan 5 tahun, atau 20 tahun sesuai perencanaan pembangunan daerah.

Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana adalah serangkaian upaya pelaksanaan penanggulangan bencana mulai dari tahapan sebelum bencana, saat bencana hingga tahapan sesudah bencana yang dilakukan secara terencana, terpadu, terkoordinasi dan menyeluruh.

Kapasitas (*Capacity*) adalah penguasaan sumber daya, cara dan ketahanan yang dimiliki pemerintah dan masyarakat yang memungkinkan mereka untuk mempersiapkan diri, mencegah, menjinakkan, menanggulangi, mempertahankan diri serta dengan cepat memulihkan diri dari akibat bencana. Kapasitas juga merupakan kemampuan daerah dan masyarakat untuk melakukan tindakan pengurangan Tingkat Ancaman dan Tingkat Kerugian akibat bencana.

Kerangka Aksi Hyogo/*Hyogo Frameworks for Action (HFA)*, adalah rencana 10 tahun untuk menjelaskan, menggambarkan dan detail pekerjaan yang diperlukan semua sektor dan aktor yang berbeda untuk mengurangi kerugian bencana.

Kerentanan (*Vulnerability*) pengertian umum adalah tingkat kekurangan kemampuan atau ketidakmampuan suatu masyarakat untuk mencegah, menjinakkan, mencapai kesiapan, dan menanggapi dampak bahaya tertentu. Kerentanan berupa kerentanan sosial budaya, fisik, ekonomi dan lingkungan, dapat ditimbulkan oleh beragam penyebab.

Kerentanan (*Vulnerability*) pengertian khusus adalah suatu keadaan yang ditimbulkan oleh kegiatan manusia (hasil dari proses-proses fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan) yang mengakibatkan peningkatan kerawanan masyarakat terhadap bahaya. Kerentanan dilihat dari beberapa aspek, antara lain kerentanan infrastruktur dan kerawanan sosial demografis. Kerentanan infrastruktur menggambarkan kondisi dan jumlah bangunan infrastruktur pada daerah yang terancam. Kerentanan sosial demografis menggambarkan karakteristik penduduk pada daerah yang terancam. Indikatornya antara lain jumlah penduduk, kepadatan penduduk, rasio umur tua-muda, dan rasio wanita. Kerentanan ekonomi menggambarkan tingkat kerapuhan dari segi ekonomi dalam menghadapi ancaman. Contoh kerentanan ekonomi adalah tingkat kemiskinan.

Kemampuan (*Capacity*) adalah penguasaan sumber daya, cara, dan kekuatan yang dimiliki masyarakat, yang memungkinkan mereka untuk mempertahankan

dan mempersiapkan diri mencegah, menanggulangi, meredam, serta dengan cepat memulihkan diri dari akibat bencana. Kemampuan menggambarkan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi bencana. Indikatornya dapat bermacam-macam, baik bersifat fisik maupun sosial. Frekuensi pelatihan dan pendidikan kebencanaan, ada tidaknya lembaga penanganan bencana lokal, ada tidaknya infrastruktur pencegah dan peramal bencana, dan jumlah sarana dan prasarana medis merupakan contoh-contoh parameter kemampuan. Dalam analisis risiko, kemampuan bersifat mengurangi risiko atau berbanding terbalik dengan ancaman dan kerentanan.

Korban Bencana adalah orang atau kelompok orang yang menderita atau meninggal dunia akibat bencana.

Tingkat Ancaman adalah potensi timbulnya korban jiwa pada zona ancaman pada suatu daerah akibat terjadinya bencana.

Peta Landaan adalah peta yang menggambarkan garis batas maksimum keterpaparan ancaman pada suatu daerah berdasarkan perhitungan tertentu.

Tingkat Kerugian adalah potensi kerugian yang mungkin timbul akibat kehancuran fasilitas kritis, fasilitas umum dan rumah penduduk pada zona ketinggian tertentu akibat bencana.

Pencegahan (*Prevention*) adalah upaya yang dilakukan untuk mencegah terjadinya sebagian atau seluruh bencana.

Peringatan Dini (*Early Warning*) adalah upaya pemberian peringatan sesegera mungkin kepada masyarakat tentang kemungkinan terjadinya bencana pada suatu tempat oleh lembaga yang berwenang.

Mitigasi (*Mitigation*) adalah upaya yang dilakukan untuk mengurangi risiko bencana dengan menurunkan kerentanan dan/atau meningkatkan kemampuan menghadapi bencana.

Mitigasi Fisik (*Structure Mitigation*) adalah upaya dilakukan untuk mengurangi risiko bencana dengan menurunkan kerentanan dan/atau meningkatkan kemampuan menghadapi bencana dengan membangun infrastruktur.

Mitigasi Nonfisik (*Nonstructure Mitigation*) adalah upaya yang dilakukan untuk mengurangi risiko bencana dengan menurunkan kerentanan dan/atau meningkatkan kemampuan menghadapi bencana, meningkatkan kapasitas pemerintah dan masyarakat dalam menghadapi bencana.

Non-proletisi adalah bahwa dilarang menyebarkan agama atau keyakinan saat keadaan darurat bencana, terutama melalui pemberian bantuan dan pelayanan darurat bencana.

Kesiapsiagaan (*Preparedness*) adalah serangkaian kegiatan untuk mengantisipasi bencana melalui pengorganisasian serta melalui langkah yang tepat guna dan berdaya guna.

Pengungsi adalah orang atau sekelompok orang yang terpaksa atau dipaksa keluar dari tempat tinggalnya untuk jangka waktu yang belum pasti sebagai akibat dampak buruk bencana.

Prosedur Operasi Standar (POS) adalah serangkaian upaya terstruktur yang disepakati secara bersama tentang siapa berbuat apa, kapan, di mana, bagaimana penanganan bencana.

Pusdalops Penanggulangan Bencana adalah Unsur Pelaksana Operasional pada Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah, yang bertugas memberikan fasilitas (memfasilitasi) pengendalian operasi serta menyelenggarakan sistem informasi dan komunikasi Penanggulangan Bencana.

Pemulihan (*Recovery*) adalah upaya mengembalikan kondisi masyarakat, lingkungan hidup dan pelayanan publik yang terkena bencana melalui rehabilitasi.

Rehabilitasi (*Rehabilitation*) adalah perbaikan dan pemulihan semua aspek pelayanan publik atau masyarakat sampai tingkat yang memadai pada wilayah pascabencana dengan sasaran utama untuk normalisasi atau berjalannya secara wajar semua aspek pemerintahan dan kehidupan masyarakat pada wilayah pascabencana.

Rekonstruksi (*Reconstruction*) adalah pembangunan kembali semua prasarana dan sarana, kelembagaan pada wilayah pascabencana, baik pada tingkat pemerintahan maupun masyarakat dengan sasaran utama tumbuh dan berkembangnya kegiatan perekonomian, sosial dan budaya, tegaknya hukum dan ketertiban, dan bangkitnya peran serta masyarakat dalam segala aspek kehidupan bermasyarakat pada wilayah pascabencana.

Rencana Kontingensi adalah Suatu proses identifikasi dan penyusunan rencana yang didasarkan pada keadaan kontingensi atau yang belum tentu tersebut. Suatu rencana kontingensi mungkin tidak selalu pernah diaktifkan, jika keadaan yang diperkirakan tidak terjadi.

Sistem Penanganan Darurat Bencana adalah serangkaian jaringan kerja berdasarkan prosedur-prosedur yang saling berkaitan untuk melakukan kegiatan yang dilakukan dengan segera saat kejadian bencana untuk mengurangi dampak buruk yang ditimbulkan, meliputi kegiatan penyelamatan dan evakuasi korban, harta benda, pemenuhan kebutuhan dasar, perlindungan pengurusan pengungsi, penyelamatan, serta pemulihan prasarana dan sarana.

Status Keadaan Darurat Bencana adalah suatu keadaan yang ditetapkan oleh pemerintah untuk jangka waktu tertentu atas dasar rekomendasi badan yang diberi tugas untuk menanggulangi bencana.

Tanggap Darurat (*Emergency Response*) Bencana adalah upaya yang dilakukan dengan segera pada saat kejadian bencana untuk menangani dampak buruk yang ditimbulkan, yang meliputi kegiatan penyelamatan, evakuasi korban dan harta benda, pemenuhan kebutuhan dasar, perlindungan, pengurusan pengungsi, penyelamatan, serta pemulihan prasarana dan sarana.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) adalah lembaga pemerintah nondepartemen sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) adalah badan pemerintah daerah atau satuan kerja perangkat daerah pemerintah daerah yang melakukan penyelenggaraan penanggulangan bencana di daerah.

Pemerintah Pusat adalah Presiden Republik Indonesia yang memegang kekuasaan pemerintahan Negara Republik Indonesia sebagaimana dimaksud dalam Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945.

Gempa Bumi terjadi karena gerakan bumi/benua yang mengakibatkan penimbunan kekuatan (energi) tektonik dan atau aktivitas gunung api, sehingga sebagian energi terlepas akibat proses gerakan lempeng benua. Gempa bumi merupakan salah satu peristiwa alam yang dapat menimbulkan bencana. Gempa bumi dibedakan dalam tiga macam, yaitu

1. Gempa bumi tektonik, karena adanya kompresi dan torsi lempeng benua
2. Gempa bumi vulkanik, karena adanya penumpukan kekuatan magma yang akan keluar dari perut bumi (letusan gunung api)
3. Gempa bumi runtuh, merupakan gerakan tanah karena runtuhnya atap gua, atau bencana runtuh dalam pertambangan

Banjir merupakan salah satu bencana alam atau suatu fenomena alam yang berupa genangan, dan potensial menimbulkan kerusakan. Banjir terjadi karena faktor penentu adalah curah hujan, pada kondisi, periode waktu dan di suatu daerah tertentu. Banjir biasanya melanda daerah yang mempunyai topografi relatif datar, relatif rendah, dan daerah cekungan.

Tsunami bencana tsunami merupakan bencana alam gelombang besar, yang disebabkan oleh gempa bumi tektonik, dan atau letusan gunung berapi, dan atau longsor besar yang terjadi di dasar laut. Tsunami berasal dari bahasa jepang, yaitu *tsu* = pelabuhan dan *nami* = gelombang besar. Energi gelombang tsunami biasanya terakumulasi dan meningkat di daerah teluk, menimbulkan arus sejajar pantai dan menggerus dasar laut, serta daerah muara sungai.

Gunung Api merupakan suatu tempat atau lubang darimana keluar batuan kental, pijar atau gas, umumnya kedua-duanya (disebut magma) mempunyai suhu sangat panas antara (900-1200)°C. Bahan keluar dari dalam bumi ke permukaan bumi dan batuan yang dikeluarkan terkumpul di sekeliling lubang membentuk suatu bukit atau gunung. Dapur magma terletak di bawah tubuh gunung api (Macdonald, 1972). Masyarakat menyebutnya gundukan tersebut dengan gunung api, karena bila meletus mengeluarkan api/pijar.

Tanah Longsor merupakan gerakan tanah atau suatu masa tanah/ batuan/ material campuran yang bergerak sepanjang lereng gunung atau keluar dari lereng. Gerakan tanah oleh masyarakat dikenal sebagai tanah longsor. Jenis tanah longsor dapat berupa jatuhan, aliran, longsor dari tanah rombakan, dan longsor majemuk. Tanah longsor mempunyai dimensi lebar, panjang, dan tinggi. Tanah longsor dibagi tiga bagian, yaitu

1. Mahkota terletak di bagian ujung atas longsor
2. Badan longsor terletak di tengah longsor
3. Kaki longsor terletak di ujung bawah longsor

Angin Ribut/Topan adalah suatu badai tropical yang hebat berasal dari terlepasnya banyak energi dalam satu hari paling tidak satu megaton bom hidrogen. Angin ribut biasa diketahui sebagai topan/ taifun, yang dapat membawa terbang muatan hingga 300 kmph (sekitar 200 mph). Dampak angin ribut sering diikuti oleh adanya gelombang badai, banjir bandang dan tornado. Angin ribut meninggalkan jejak fenomenal dari kerusakan yang ditimbulkan.

Kekeringan, pengertiannya berbeda-beda menurut ilmu dan tujuannya, namun batasan selalu mengandung pengertian hubungan antara ketersediaan air dan kebutuhan air. Kekeringan terjadi apabila ketersediaan air tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan. Kekeringan dalam pengertian ketersediaan air alami dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu

1. Kekeringan permanen adalah kekeringan sepanjang waktu, seperti dijumpai di daerah padang pasir, selamanya tidak pernah terjadi hujan optimal. Tanaman telah menyesuaikan dengan keadaan. Kering, sehingga mampu untuk bertahan hidup
2. Kekeringan musiman yang terjadi di daerah yang mempunyai musim yang tegas antara musim hujan dan musim kemarau. Kekeringan ini terjadi secara periodik setiap tahun.
3. Kekeringan mendadak terjadi sebagai akibat dari sifat hujan yang tidak menentu dan suatu waktu menyimpang dari biasanya. Kekeringan ini sulit diperkirakan/ diprediksi dan dapat terjadi secara mendadak
4. Kekeringan tidak kentara, kekeringan ini tidak nyata terlihat di lapangan. Kekeringan tersembunyi ini dapat terjadi setiap waktu, sekalipun pada musim hujan. Kondisi ini terlihat pada tanaman walau tidak begitu nyata, karena kebutuhan air tanaman tidak mencukupi sepenuhnya, sehingga tanaman tidak mampu tumbuh dengan optimal.

Kekeringan berdasarkan sudut pandang yang berhubungan dengan ilmu lain dapat dibedakan dalam dua jenis, yaitu kekeringan alami dan kekeringan akibat ulah manusia (*antropogenik*). Kekeringan alami yang berhubungan dengan ilmu lain dibedakan dalam tiga macam, yaitu

1. Kekeringan meteorologis/klimatologis adalah kekeringan yang diakibatkan oleh watak iklim suatu wilayah. Kekeringan terjadi karena kekurangan air karena nilai curah hujan lebih kecil dari nilai evapotranspirasinya (penguapan air). Kekeringan meteorologis merupakan indikasi awal dari kekeringan.
2. Kekeringan hidrologis adalah gejala menurunnya cadangan air permukaan (sungai, waduk, danau) dan menurunnya permukaan air tanah. Kekeringan dapat diukur dari penurunan ketinggian (elevasi) air sungai/ danau/ waduk dan kedalaman muka air tanah akibat kurangnya curah hujan.

3. Kekeringan pertanian adalah kekeringan yang berhubungan dengan dampak pertumbuhan tanaman. Kekeringan berhubungan kelembaban/ kelengasan tanah (kandungan air dalam tanah), sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan air pada tanaman pada periode waktu tertentu di suatu wilayah yang luas.

Dampak dari Ketiga Macam Kekeringan Alami tersebut dapat berupa kekeringan sosial ekonomi, yang berhubungan dengan kurangnya pasokan komoditi ekonomi dibandingkan dengan kebutuhan normal. Kekeringan sosial ekonomi juga dapat berupa turunnya cadangan bahan makanan/ pangan dan turunnya pasokan air baku untuk perkotaan, keperluan domestik, dan industri, sehingga mengakibatkan kelaparan, kekurangan gizi, dan penyebab kematian. Intensitas kekeringan sosial ekonomi dinilai dari tingkat kerentanan/ kerawanan pangan dengan klasifikasi

1. Kering (langka/ terbatas) dimana ketersediaan air (30-60) liter per orang per hari untuk kebutuhan minum, masak, cuci alat makan/ masak, dan mandi terbatas. Tempat sumber air (pengambilan air) berjarak (0,1 – 0,5) km
2. Sangat kering (langka) dimana ketersediaan air (10-30) liter per orang per hari, untuk kebutuhan minum, masak, mencuci. Tempat sumber air (pengambilan air) berjarak (0,5 – 3) km
3. Amat sangat kering (langka), ketersediaan air < 30 liter per orang per hari untuk kebutuhan minum dan masak. Tempat sumber air (pengambilan air) berjarak > 3) km.

Penginderaan Jauh merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang obyek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah/ fenomena yang dikaji (*Lillesand dan Kiefer, 2004*).

Citra Penginderaan Jauh adalah gambaran suatu obyek, daerah, atau fenomena, hasil rekaman pantulan dan atau pancaran obyek oleh sensor penginderaan jauh, dapat berupa foto atau data digital (Purwadhi, 2001)

Interpretasi Citra Penginderaan Jauh atau penafsiran citra penginderaan jauh (fotografik atau non-fotografik) merupakan perbuatan mengkaji citra dengan maksud untuk mengidentifikasi obyek yang tergambar dalam citra, dan menilai

arti pentingnya obyek tersebut (Sutanto, 1986). Seorang interpreter melalui interpretasi citra akan :

1. Berupaya melalui proses penalaran atau mendeteksi, mengidentifikasi, dan menilai arti penting obyek yang tergambar pada citra.
2. Berupaya mengenali obyek yang tergambar pada citra dan menerjemahkannya ke dalam disiplin ilmu tertentu seperti geografi.

Sistem Informasi Geografis (SIG) suatu sistem yang mengorganisir perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), data, dan dapat mendayagunakan sistem penyimpanan, pengolahan, maupun analisis data secara simultan, sehingga dapat diperoleh informasi yang berkaitan dengan aspek keruangan, baik yang berorientasi ilmiah, komersial, pengelolaan maupun kebijaksanaan. Menurut Purwadhi, 2001. Sistem informasi geografis (SIG) merupakan manajemen data spasial dan data nonspasial berbasis komputer dengan tiga karakteristik dasarnya, yaitu

1. Mempunyai fenomena aktual yang berhubungan dengan topik permasalahan dan tujuannya;
2. Merupakan suatu kejadian dalam suatu lokasi;
3. Mempunyai dimensi waktu.

Contoh Banjir Jakarta tanggal 2 Januari 2014 karakteristiknya fenomena aktual adalah banjir; lokasi kejadian di Jakarta; dimensi waktu tanggal 2 Januari 2014.

Konsep Informasi Keruangan Istilah "ruang atau spasial" berasal dari kata "*spatial*" dalam bahasa Inggris. Ruang digunakan untuk berbagai informasi yang berkaitan dengan lokasi, baik informasi dalam kartografi, teknologi, maupun rekayasa.

Informasi Geografis Istilah "geografi" yang pengertiannya lebih ditekankan pada informasi gejala-gejala permukaan bumi yang berkaitan dengan kehadiran dan kegiatan manusia, dalam konteks keruangan, lingkungan dan wilayah. Informasi geografis merupakan informasi kenampakan permukaan bumi, maka informasi tersebut mengandung unsur posisi geografis, hubungan keruangan (*spatial relationships*), atribut, dan waktu. Komponen tersebut dalam ilmu geografi dapat dinyatakan dalam beberapa bentuk sederhana dengan lima kalimat tanya, yaitu apa (yang terjadi), di mana (tempat), bagaimana (terjadinya dalam hubungannya dengan kenampakan keruangan lain), mengapa (bisa/ dapat terjadi), siapa (yang terkena), dan kapan (waktu terjadinya).

Data Geografis mencakup data lokasi dan data nonlokasi. Data lokasi merupakan mempunyai koordinat posisi lintang dan bujur, dari unsur-unsur yang terlihat seperti jalan, sungai, area, dan topologi (letak, bentuk, luas, batas) obyek. Data non-lokasi mempunyai variabel sesuai dengan temanya (misalnya penduduk), yang dapat diuraikan lebih rinci dalam penjelasan kelas, nilai, dan nama, Penduduk, yang berumur (10-20) tahun, sebanyak 100 orang, jenis kelamin pria. Dimensi waktu untuk menjawab pertanyaan kapan data diambil. Kurun waktu dapat digunakan untuk analisis perubahan atau perkembangan yang terjadi. Data geografis dapat menggambarkan bentuk abstrak, seperti batas administratif, batas pemasaran barang (Purwadhi, 1997).

Kajian Geografis menekankan pada kajian lingkungan fisik (*physical enviroment*) dan kajian perilaku manusia (*behavioral environment*) sebagai kesatuan yang utuh. Kajian geografi saat ini lebih memusatkan pada hubungan antara manusia dan lingkungan, konsekuensi keruangannya dan struktur regional yang tampak di permukaan bumi. Berbagai aspek dalam lingkungan geografi saling terkait, yang strukturnya mencakup tujuh aspek, yaitu topologi, abiotik, biotik, sosial, budaya, politik (Bintarto dan Hadisumarno, 1979).

Posisi Geografis dapat dinyatakan dalam sistem koordinat lintang dan bujur atau dapat juga menggunakan sistem proyeksi yang lain seperti simpel conic, lambert conformal, lambert conformal conic, transerse mercator, polar stereoscope, dan UTM (*Universal Transverse Mercator*). Sistem-sistem koordinat tersebut, satu sama lain dapat dikonversikan dengan mudah, sehingga pengguna lebih leluasa menentukan sistem koordinat yang disukai.

Informasi Geografis mencakup gatra (aspek) dan matra (lingkup) yang luas, tidak hanya menyangkut potensi dan distribusi sumber dayanya saja, tetapi juga menyangkut keruangan dan ekologinya dalam konteks suatu wilayah, baik pada matra darat, laut maupun lingkungan kehidupan. Variasi lingkungan hidup di permukaan bumi ditentukan oleh unsur-unsur utama dalam geografi, yaitu atmosfer unsur gas, hidrosfer unsur cair, litosfer unsur padat batuan, pedosfer unsur padat tanah, dan biosfer unsur kehidupan. Litosfer dan pedosfer secara bersama disebut geosfer. Pedosfer merupakan fenomena yang berbentuk zona pertemuan antara atmosfer, hidrosfer, litosfer, dan biosfer, artinya pedosfer mengandung udara dari atmosfer, air dari hidrosfer, mineral dari litosfer, dan

bahan organik dari biosfer. Biosfer berkedudukan khas sehubungan dengan unsur-unsur lainnya, yang ditentukan oleh atmosfer unsur iklim dan musim, hidrosfer unsur air tanah dan air laut, geosfer unsur hara untuk habitat akar tumbuhan. Pedosfer merupakan hamparan darat yang berbentuk mosaik tanah beragam, membentuk bentang tanah (*soilscape*). Bentang tanah menjadi salah satu gatra (aspek) dari bentang lahan (*landscape*), di mana bentang lahan merupakan potensi suatu wilayah, yang sangat berperan dalam kelangsungan kehidupan (Bintarto dan Hadisumarno, 1979).

Atribut menjelaskan informasi apa (*what*), seperti hutan, kota, dan sebagainya. Atribut ini sering memiliki informasi tambahan, misalnya hutan ditambah informasi spesies dan tinggi pohonnya. Atribut tambahan tersebut tidak berkaitan dengan posisi geografis, sering disebut sebagai atribut non-keruangan (*non-spatial attribute*).

Hubungan Keruangan sangat kompleks, dan tidak mungkin semuanya disimpan dalam basis data. Oleh karena itu, yang disimpan dalam basis data hanya hubungan yang khusus, sedangkan hubungan yang sederhana tidak perlu disimpan. Hubungan sederhana misalnya jarak antara dua terminal bus, jarak kantor polisi dengan bank dengan pasar, karena secara matematis komputer dapat menghitung dengan mudah, maka komponen hubungan keruangan ini tidak perlu disimpan.

Penyajian Fenomena Geografis (obyek permukaan bumi) berbeda dengan cara pandang terhadap fenomena alam pada umumnya, karena fenomena geografis mempunyai sifat yang unik dan agak sedikit rumit. Keunikan fenomena geografis terletak pada informasi tentang posisi dan kemungkinan hubungan keruangan dengan fenomena lain. Atribut (informasi tentang sifat-sifat lain) dari fenomena tersebut (Burrough, 1986).

Peta adalah kumpulan dari titik-titik, garis-garis, dan area-area yang didefinisikan oleh lokasinya dengan sistem koordinat tertentu dan oleh atribut non-spasialnya.

Skala Peta adalah perbandingan jarak di peta dengan jarak sesungguhnya dengan satuan atau teknik tertentu.

Lahan (Land) adalah suatu daerah di permukaan bumi dengan sifat yang sangat bervariasi dalam berbagai faktor seperti keadaan topografi, sifat atmosfer,

tanah, geologi, geomorfologi, hidrologi, vegetasi, dan penutup/ penggunaan lahan. Lahan dapat diartikan sebagai lingkungan fisik, yang terdiri atas iklim, relief, tanah, air, flora, fauna, dan bentukan hasil budidaya manusia. Lahan mengandung pengertian ruang dan tempat. Lahan merupakan satu kesatuan dari berbagai sumber daya alam, yang dapat mengalami kerusakan dan atau penurunan produktivitas sumber daya yang ada di dalamnya. Lahan merupakan obyek penelitian, karena keadaannya sangat kompleks, tidak hanya merupakan suatu unsur fisik atau sosial ekonomi yang berdiri sendiri, namun berupa hasil interaksi lingkungan biofisiknya dalam wilayah tertentu (Purwadhi, 1994).

Bentang Lahan (*Landscape*) merupakan wujud luar permukaan bumi yang dapat dilihat dengan mata termasuk ciri-cirinya, dapat dibedakan satu sama lain. Bentang lahan biasanya dalam bahasa populer yang digunakan dalam kepariwisataan biasa disebut panorama. Bentang lahan mempunyai kesamaan karakteristik bentuk lahan, tanah, vegetasi, termasuk sifat-sifat yang dipengaruhi oleh manusia (Vink, 1983). Bentang lahan sering dibedakan dalam bentang lahan kultural (*cultural landscape*) dan bentang lahan alami (*natural landscape*)

Bentuk Lahan (*Landform*) adalah kenampakan medan yang dibentuk oleh proses-proses alami, mempunyai komposisi, karakteristik fisik dan visual. Misalnya dataran, cekungan (danau, lembah, rawa), perbukitan, pegunungan, vulkan (gunung api).

Geomorfologi (*Geomorphology*) merupakan ilmu yang mempelajari bentuk lahan (*landform*), proses-proses yang memengaruhi bentuk lahan, genesis bentuk lahan, serta hubungan bentuk lahan dengan lingkungannya dalam ruang dan waktu.

Geomorfologis Daerah Banjir terdapat di daerah fluvial, daerah yang masih dipengaruhi proses marin, dan fluvio marin, ketiganya mempunyai potensi sebagai daerah genangan (banjir). Faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya banjir (genangan air) adalah kandungan air tanah permukaan, kelembaban (kandungan air antara), porositas tanah, semuanya memengaruhi lama tidaknya terjadi genangan.

Geologi (*Geology*) adalah ilmu yang mempelajari tentang proses dan komposisi material, terkonsolidasi dalam pembentuk lahan, tipe batuan (beku, sedimen,

metamorfosa), struktur batuan (lipatan, patahan, retakan), dan efek lain gerakan internal yang membentuk permukaan bumi (Lillesand dan Kiefer, 2004). Oleh karena itu apabila seseorang akan mempelajari, menerangkan material bumi dan strukturnya dengan menggunakan data penginderaan jauh, maka harus mengerti mengenai asas geomorfologi dan ekspresi permukaan bumi, serta beberapa variasi materialnya

Pemetaan Geologi adalah pembuatan peta yang dapat menjelaskan meliputi identifikasi bentuk lahan, tipe batuan, struktur batuan, sesar/patahan/kelurusan, proses terjadinya, penggambaran unit-unit geologi pada peta. Peta geologi termasuk peta tematik menggambarkan kondisi wilayah bertema geologi.

Penutup/Tutupan Lahan (*Land Cover*) adalah vegetasi dan konstruksi artifisial yang menutup permukaan lahan. Penutup/ tutupan lahan berkaitan dengan jenis kenampakan di permukaan bumi, seperti bangunan, jalan, vegetasi, danau, laut, sungai (Lillesand dan Kiefer, 2004).

Penggunaan Lahan (*Land Use*) adalah semua jenis penggunaan atas lahan oleh manusia, mencakup penggunaan untuk pertanian hingga lapangan olah raga, rumah mukim, hingga rumah makan, rumah sakit hingga kuburan (Lindgren, 1985). Penggunaan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang lahan (permukiman, perkotaan, pesawahan). Penggunaan lahan adalah bentuk penggunaan kegiatan manusia terhadap lahan, termasuk keadaan alamiah yang belum dipengaruhi manusia (Karmono, 1986). Penggunaan lahan (permukiman, perkotaan, pesawahan), yang berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang lahan tertentu (Lillesand dan Kiefer (2004)