

**PEMANFAATAN DATA PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM  
INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK KAJIAN BAHAYA DAN RESIKO  
BENCANA ALAM DI KOTA BOGOR BERBASIS GEOMORFOLOGI**

**Oleh :**

**Alwan Rafiuddin**

**A24104047**



**Bagian Penginderaan Jauh dan Informasi Spasial  
Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan**

**Fakultas Pertanian**

**Institut Pertanian Bogor**

**2010**

## RINGKASAN

**ALWAN RAFIYUDDIN.** Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Kajian Bahaya dan Resiko Bencana Alam di Kota Bogor Berbasis Geomorfologi. Dibimbing oleh **BOEDI TIAHJONO** dan **KUSTIYO.**

Kota Bogor yang terletak di lingkaran Jakarta, Ibu Kota Negara, banyak mengalami alih fungsi lahan, terutama dari lahan pertanian ke lahan terbangun. Kota Bogor juga terletak di sekitar gunungapi yang dapat aktif kembali di waktu mendatang dan dilalui oleh jaringan sungai yang hulunya juga berasal dari gunungapi tersebut. Berdasarkan gambaran di atas, maka Kota Bogor cukup berpotensi dari bahaya bencana alam, baik dari proses vulkanik, fluvial, maupun denudasional. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji dan memetakan daerah bahaya bencana alam di Kota Bogor dengan pendekatan geomorfologi serta melakukan analisis dan pemetaan daerah resiko bencana alam.

Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode pembobotan dan *scoring* terhadap faktor-faktor penentu bahaya dan resiko bencana alam yang didasarkan pada analisis bentuklahan, proses geomorfik, serta penggunaan lahan. Data penginderaan jauh dimanfaatkan untuk analisis geomorfologi sedangkan sistem informasi geografis (SIG) digunakan untuk analisis bahaya dan resiko. Kerja lapangan dilakukan untuk verifikasi hasil analisis serta untuk mendapatkan fakta di lapangan tentang sejarah bencana alam yang pernah terjadi di daerah penelitian.

Berdasarkan hasil kajian geomorfologi dan kerja lapangan terdapat tiga jenis bahaya alam yang mengancam Kota Bogor, yaitu banjir, lahar, dan longsor. Ketiga bahaya tersebut hampir seluruhnya terkonsentrasi pada wilayah lembah sungai, kecuali longsor yang sebagian juga mengancam wilayah lereng kaki gunungapi. Luas total lembah sungai di Kota Bogor adalah 2928 ha atau 25,06 % dari luas total Kota Bogor, dan dari luasan tersebut 254 ha (8,67 %) terancam oleh bahaya banjir dari kelas tinggi hingga sangat tinggi, 650 ha (22,20 %) terancam oleh bahaya lahar kelas tinggi, dan 823 ha (28,13 %) terancam oleh bahaya longsor dari kelas tinggi hingga sangat tinggi. Saat sekarang sebagian besar wilayah lembah ini telah banyak digunakan sebagai areal permukiman, sehingga resiko bencana di wilayah ini terhitung cukup besar. Dari hasil analisis didapatkan bahwa kawasan yang memiliki resiko tinggi mencapai 217 ha (1,86 %), resiko sedang 655 ha (5,61 %), resiko rendah 2056 ha (17,60 %), dan selebihnya 8757 ha (74,94 %) relatif aman dari bahaya alam gabungan, yaitu banjir, lahar, dan longsor.

Mengingat adanya ancaman bencana alam dan resiko tersebut, maka program mitigasi bencana alam sangat perlu diperhatikan oleh Pemerintah Kota Bogor dan mencakup pula terhadap evaluasi perencanaan tata ruang.

**Kata Kunci :** bogor, geomorfologi, banjir, longsor, lahar, bencana alam, bahaya, resiko,

## SUMMARY

**ALWAN RAFIUDDIN.** Application of remote sensing and geographic information system for natural hazard and risk study at The City of Bogor based on geomorphological approach. Supervised by : **BOEDI TIAHJONO** and **KUSTIYO.**

The City of Bogor that situated near Jakarta is growing by time and has experienced most of land conversion, especially from agricultural land to developed areas. The city is also situated near volcanoes that could be active again in the future and it is also acrossed by several rivers flowing from the upper slope of the volcanoes. By this situation, the Bogor city is prone to natural hazards whether from volcanic, fluvial, of denudational processes. The aim of this research is to analyses and mapping natural hazards and risk over the City of Bogor based on geomorphological approach.

The methodology of research use weighting and scoring methods on several factors that generate natural hazards and risk, comprise landform, geomorphic processes, and land use. Remote sensing data and geographical information system (GIS) is used to geomorphological interpretation and hazards and risk analyses successively. Fieldwork has executed to check the results of analyses and gathering the history of disasters occurred in the study area.

According to the result of geomorphological analysis and fieldwork, there are at least three kinds of hazards in the study area, namely flood, lahars, and landslide. Almost all of these hazards have spatially distributed to the river valleys, and partially landslide hazard menacing also to another landform, such as volcanic foot slope. The total river valleys broad in the city attained 2928 ha or 25,06 % of total extent of study area, and from this area 254 ha (8,67 %) are very highly and highly menaced by flood, 650 ha (22,20 %) highly menaced by lahars, and 823 ha (28,13 %) very highly and highly menaced by landslide. Actually most the valley area is highly settled and populated, consequently this area run the risk from disasters. According to result of all hazards analyses (i.e. flood, lahars, and landslide), 217 ha or 1,86 % of all valley broad, are very highly risk, 655 ha (5,61 %) moderately risk, 2056 ha (17,60 %) slightly risk, and 8757 ha (74,94 %) no risk.

Based on this condition, mitigation program will be important to be looked lively by City of Bogor Government and also evaluation of the city land use planning.

**Key words** : bogor, geomorphology, flood, lahars, landslide, disasters, hazards, risks.

**PEMANFAATAN DATA PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM  
INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK KAJIAN BAHAYA DAN RESIKO  
BENCANA ALAM DI KOTA BOGOR BERBASIS GEOMORFOLOGI**

**Oleh :**

Alwan Rafiuddin

A24104047

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Pertanian pada Fakultas Pertanian,

Institut Pertanian Bogor

**PROGRAM STUDI ILMU TANAH  
DEPARTEMEN ILMU TANAH DAN SUMBERDAYA LAHAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

**2010**

**Judul Penelitian** : **Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Kajian Bahaya dan Resiko Bencana Alam Di Kota Bogor Berbasis Geomorfologi.**

**Nama** : **Alwan Rafiuddin**

**NRP** : **A24104047**

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Boedi Tjahjono  
NIP. 19600103 198903 1 002

Drs. Kustiyo, M.Si.  
NIP. 19700507 199303 1 003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Pertanian

Prof. Dr. Ir. Didy Sopandie, M.Agr.  
NIP. 19571222 198203 1 002

Tanggal Lulus :

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Kendari pada tanggal 18 Juni 1986 dari pasangan Bapak La Ode Alwi dan Ibu Siti Marwah, sebagai anak pertama dari empat bersaudara.

Pendidikan formal penulis dimulai pada tahun 1990 di Taman Kanak-Kanak Wulele Sanggula Kendari, kemudian pada tahun 1991 melanjutkan ke Sekolah Dasar Negeri 20 Kendari. Pada tahun 1997 penulis melanjutkan ke Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama Negeri 1 Kendari, dan pada tahun 2000 penulis menempuh pendidikan di Sekolah Menengah Umum Kornita Bogor. Pada tahun 2004 penulis diterima di Institut Pertanian Bogor, sebagai mahasiswa Program Studi Ilmu Tanah, Departemen Ilmu Tanah Dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, melalui jalur USMI (Undangan Seleksi Masuk IPB).

Selama menjadi mahasiswa, penulis mendapat kesempatan menjadi asisten praktikum pada beberapa mata kuliah, yaitu Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra (PJIC) pada tahun ajaran 2006/2007 dan tahun ajaran 2008/2009; mata kuliah Geomorfologi dan Analisis Landsekap (GAL) pada tahun ajaran 2006/2007 sampai 2008/2009; mata kuliah Kartografi tahun ajaran 2007/2008; dan mata kuliah Sistem Informasi Geografis (SIG) tahun ajaran 2007/2008. Penulis juga aktif di Himpunan Keprofesian Mahasiswa HMIT (Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah) sebagai kepala di Departemen Pengembangan Sumberdaya Manusia (PSDM) periode 2006/2007. Penulis juga aktif di Biro Lingkungan Hidup Azimuth periode 2005/2009 dan di Korps Sukarela (KSR) PMI Unit I IPB sebagai divisi Diklat periode 2005/2006. Selain itu, penulis juga pernah menjadi Tim Bimbingan Teknis-Monitoring dan Evaluasi (MONEV) Program Keaksaraan Fungsional Provinsi Jawa Barat selama bulan Oktober 2008. Penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan kemahasiswaan dan kepanitiaan yang diselenggarakan oleh Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB.

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan seluruh rangkaian dari kegiatan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Dr. Boedi Tjahjono, selaku pembimbing Skripsi I dan Bapak Drs. Kustiyo, M.Si selaku Pembimbing Skripsi II atas segala dukungan, bimbingan, motivasi, nasihat, dan ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis. Serta untuk Ibu Dr. Kursatul Munibah, M.Sc sebagai dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan untuk penulis.

Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan data dan kerjasama dalam penelitian ini. Ucapan terimakasih ini penulis sampaikan pula kepada Staf Bagian Pengolahan Data Penginderaan Jauh di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, dan Pemerintah Kota Bogor, serta Saudari Afifah atas bantuan datanya yang sangat berguna dalam penelitian ini.

Keluargaku tercinta: Bapak La Ode Alwi dan Ibu Siti Marwah, terima kasih atas dukungan kepada penulis yang tiada terhingga, dan ketiga saudaraku Astri, Vivi dan Ana, serta Setia Wahyu dan keluarga atas do'a dan perhatiannya.

Terima kasih untuk sahabat-sahabatku di Bagian Penginderaan Jauh dan Informasi Spasial, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB, soilers 41, soilers 42, Keluarga Besar Ilmu Tanah IPB, Keluarga Besar AZIMUTH IPB dan KSR PMI UNIT 1 IPB.

Semoga karya tulis ini mendapat ridho dari Allah SWT dan semoga pula dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin. Apabila ada saran dan kritik dari pembaca akan penulis nantikan untuk perbaikan karya ilmiah mendatang.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Bogor, Januari 2010

Alwan Rafiuddin

## DAFTAR ISI

<b>Teks</b>	<b>Halaman</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vi
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	3
2.1 Bencana Alam.....	3
2.2 Geomorfologi.....	3
2.3 Penginderaan Jauh.....	5
2.3.1 Landsat ETM <sup>+</sup> .....	6
2.3.2 Citra Ikonos.....	8
2.3.3 Citra Quick Bird.....	9
2.4 Sistem Informasi Geografis (SIG).....	11
2.5 Penutupan/Penggunaan Lahan.....	12
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	13
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	13
3.2 Bahan dan Alat.....	13
3.3 Metode Penelitian.....	14
3.3.1 Tahap Persiapan.....	14
3.3.2 Pengolahan dan Interpretasi Data.....	14
3.3.3 Tahap Pengecekan Lapang .....	17
3.3.4 Tahap Analisis Hasil.....	17
3.3.5 Penyajian Hasil.....	28
<b>IV. KONDISI UMUM DAERAH PENELITIAN</b> .....	30
4.1 Lokasi Penelitian.....	30
4.2 Kondisi Fisik Geografis.....	32
4.2.1 Topografi.....	32
4.2.2 Iklim.....	32
4.2.3 Geologi.....	34
4.2.4 Tanah.....	34
4.2.5 Hidrologi.....	37
4.3 Penggunaan Lahan.....	37
4.4 Kependudukan.....	38
4.5 Sosial Budaya.....	38
4.6 Mata Pencaharian.....	39
4.7 Pendidikan.....	39
4.8 Perdagangan dan Industri.....	40
4.9 Kondisi Perekonomian.....	41



<b>V. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	42
5.1 Analisis Data Citra Landsat ETM <sup>+</sup> .....	42
5.1.1 Seleksi <i>Fusi Multispasial</i> dan <i>Penajaman Spasial</i> .....	43
5.2 Geomorfologi Kota Bogor.....	48
5.2.1 Analisis Lanskap Kota Bogor dan Sekitarnya.....	48
5.2.2 Jenis Bentuklahan di Kota Bogor.....	51
5.3 Analisis Bahaya Bencana Alam.....	54
5.3.1 Banjir.....	56
5.3.2 Longsor.....	58
5.3.3 Aliran Lahar.....	59
5.3.4 Bahaya Bencana Alam Gabungan.....	61
5.4 Analisis Resiko Bencana.....	64
5.5 Resiko Bencana Alam dan Tata Ruang Kota.....	66
<b>VI. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	70
6.1 Kesimpulan.....	70
6.2 Saran.....	71
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	72
<b>LAMPIRAN</b> .....	74

## DAFTAR TABEL

No	Teks	Halaman
2.1	Karakteristik Landsat ETM <sup>+</sup> .....	6
2.2	Karakteristik Kanal Landsat ETM <sup>+</sup> .....	7
2.3	Spesifikasi Citra Satelit QuickBird.....	10
3.1	Data dan Peta yang digunakan dalam Penelitian.....	13
3.2	Klasifikasi bobot, skor dan nilai morfogenesis bentuklahan.....	20
3.3	Klasifikasi bobot, skor dan nilai morfometri bentuklahan (elevasi).....	20
3.4	Klasifikasi dan kelas interval bahaya banjir .....	21
3.5	Klasifikasi akhir untuk bahaya banjir.....	21
3.6	Klasifikasi bobot, skor dan nilai untuk morfometri bentuklahan ....	22
3.7	Klasifikasi bobot, skor dan nilai permeabilitas tanah .....	22
3.8	Klasifikasi bobot, skor dan nilai untuk penggunaan lahan .....	22
3.9	Klasifikasi dan kelas interval bahaya longsor.....	23
3.10	Klasifikasi akhir bahaya longsor.....	23
3.11	Klasifikasi bobot, skor dan nilai morfogenesis bentuklahan .....	24
3.12	Klasifikasi bobot, skor dan nilai morfometri bentuklahan (ketinggian).....	24
3.13	Klasifikasi bobot, skor, dan nilai morfometri bentuklahan (Jarak Lembah Sungai terhadap Pusat Letusan Gunungapi).....	24
3.14	Klasifikasi dan kelas interval bahaya lahar .....	25
3.15	Klasifikasi elemen resiko dari penutupan/penggunaan lahan dan nilai kerentanannya .....	26
3.16	Klasifikasi tingkat bahaya alami.....	27
3.17	Kelas Resiko bencana wilayah penelitian.....	28
4.1	Luas tiap kecamatan di Kota Bogor.....	30
4.2	Perkembangan jumlah unit usaha, industri, investasi dan penyerapan tenaga kerja di Kota Bogor Tahun 2006.....	41
4.3	Jumlah dan laju pertumbuhan PDRB (harga konstan dan berlaku) di Kota Bogor Tahun 2006.....	41
5.1	Luas Bentuklahan di Kota Bogor.....	51
5.2	Luas Kelas Bahaya Banjir di Lokasi Penelitian .....	56
5.3	Luas Kelas Bahaya Longsor di Lokasi Penelitian .....	58
5.4	Luas Kelas Bahaya Aliran Lahar di Lokasi Penelitian.....	60
5.5	Luasan Kelas Tingkat Bahaya Masing-Masing Kecamatan Di Kota Bogor.....	63
5.6	Kelas Tingkat Bahaya berdasarkan Luas Lembah di Kota Bogor...	63
5.7	Luasan Kelas Resiko Bencana Perkecamatan Di Kota Bogor .....	64

## DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
2.1	Satelit Imagery Quick Bird.....	10
3.1	Diagram Alir Metode Penelitian.....	29
4.1	Peta Admministrasi Kota Bogor.....	31
4.2	Luas Kelas Lereng Kota Bogor.....	32
4.3	Peta Kelas Lereng Kota Bogor.....	33
4.4	Peta Geologi Kota Bogor.....	35
4.5	Peta Tanah Kota Bogor.....	36
4.6	Persentase penduduk yang bekerja menurut lapangan usaha.....	39
5.1	Citra Landsat ETM <sup>+</sup> Tahun 2002 Kota Bogor.....	42
5.2	Citra Landsat ETM <sup>+</sup> Kota Bogor dan Sekitarnya.....	43
5.3	Hasil Fusi Multispasial Citra Landsat ETM <sup>+</sup> .....	44
5.4	Fusi Multispasial Metode Brovey & RGBI dengan Penajaman High Pass Filter, Sharpen 2.....	45
5.5	Hasil Fusi Multispasial Metode Brovey 7528, HPF Sharpen 2.....	47
5.6	Peta Bentuklahan Wilayah Kota Bogor dan Sekitarnya.....	50
5.7	Peta Bentuklahan Kota Bogor.....	52
5.8	Contoh Kondisi Lapangan pada Zona Bahaya Banjir Kelas Sangat Tinggi di Kecamatan Tanah Sareal Kelurahan Kebon Pedes.....	57
5.9	Contoh Peta Bahaya Banjir di Kelurahan Kebon Pedes Kecamatan Tanah Sareal.....	57
5.10	Contoh Peta Bahaya Longsor di Kecamatan Bogor Selatan.....	58
5.11	Contoh kondisi lapangan dari peristiwa longsor di Kelurahan Sukadamai Kecamatan Tanah Sareal Kota Bogor.....	59
5.12	Contoh peta bahaya lahar di Kecamatan Bogor Timur.....	60
5.13	Peta Tingkat Bahaya Bencana Alam Gabungan di Kota Bogor.....	62
5.14	Peta Resiko Bencana di Kota Bogor.....	65
5.15	Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bogor Tahun Anggaran 1999/2000.....	68
5.16	Bentuk Program Mitigasi Pembuatan turap untuk mencegah longsor di beberapa Kelurahan di Kota Bogor.....	69

## **DAFTAR LAMPIRAN**

<b>No</b>	<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1	Peta Kelas Bahaya Banjir di Kota Bogor.....	75
2	Peta Kelas Bahaya Longsor di Kota Bogor.....	76
3	Peta Kelas Bahaya Aliran Lahar di Kota Bogor.....	77
4	Peta Penggunaan Lahan Kota Bogor.....	78

## II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Bencana Alam

Bencana alam pada dasarnya adalah sebuah konsekuensi dari gabungan proses-proses alami (suatu peristiwa fisik, seperti letusan gunungapi, gempa bumi, tanah longsor, dan sebagainya) dengan aktivitas manusia. Dari adanya bencana dan akibat kurang baiknya manajemen sebagai bentuk ketidak-berdayaan manusia pada keadaan darurat, maka seringkali menimbulkan suatu kerugian baik dalam bentuk kerugian materi atau keuangan maupun struktural, dan bahkan sampai pada kerugian jiwa atau kematian. Kerugian-kerugian seperti ini umumnya tergantung pada kemampuan untuk mencegah atau menghindari bencana serta daya tahan mereka terhadap bencana yang ada (Bankoff *et al.*, 2003). Pemahaman ini berhubungan dengan suatu pernyataan bahwa "bencana muncul bila ancaman bahaya bertemu dengan ketidakberdayaan". Dengan demikian jelas bahwa istilah bencana adalah diperuntukkan bagi makhluk hidup atau manusia yang terlanda oleh suatu proses alam, sehingga sebesar apa pun suatu proses alam tersebut namun jika tidak ada manusia yang terancam maka tidak akan menimbulkan suatu bencana. Atau, jika manusia yang terancam memiliki ketahanan yang tinggi terhadap suatu proses alam yang menimbulkan bencana (*disaster resilience*), maka besarnya bencana tersebut dapat ditekan seminimal mungkin ([http://id.wikipedia.org/wiki/Bencana\\_alam](http://id.wikipedia.org/wiki/Bencana_alam)).

### 2.2. Geomorfologi

Geomorfologi adalah studi yang mendeskripsi bentuklahan (*landform*) dan proses-proses geomorfik yang menghasilkan bentuklahan serta menyelidiki hubungan timbal-balik antara bentuklahan dan proses-proses tersebut dalam susunan keruangannya (Zuidam,1985; Asriningrum, 2002). Bentuklahan adalah suatu bagian dari bentuk permukaan bumi yang mempunyai karakteristik tertentu dan dihasilkan dari satu atau beberapa proses geomorfik dalam kurun waktu tertentu, sedangkan proses geomorfik (*geomorphic processes*) adalah suatu proses alami, baik fisik atau kimiawi, yang mampu merubah bentuk permukaan bumi (Thombury, 1954; Asriningrum, 2002).

Dalam kaitannya dengan bencana alam, analisis geomorfologi lebih banyak berperan dalam analisis bentuklahan dan proses geomorfik yang terjadi di masa lalu, saat ini, dan di waktu mendatang pada suatu bentuklahan. Meskipun demikian kajian geomorfologi tidak akan meninggalkan aspek-aspek lain sehingga perhatiannya tetap menyeluruh mencakup proses terbentuknya bentuklahan, sifat-sifatnya, perkembangannya, dan komposisi material yang menyusunnya. Untuk itu aspek-aspek kajian geomorfologi tetap harus mencakup aspek-aspek morfologi (morfografi dan morfometri), morfogenesis (endogen dan eksogen), morfokronologi (dalam ruang dan waktu), serta litologi (Wiradisastra *et al.*, 2002).

Aspek morfologi mencakup dua faktor, yaitu morfografi dan morfometri. Morfografi mendeskripsi bentuk permukaan bumi, baik yang berukuran besar seperti pegunungan, gunungapi, dataran, maupun yang berukuran kecil seperti bukit, lembah, dan kipas aluvial. Morfometri membahas tentang ukuran-ukuran bentuklahan, seperti kemiringan lereng, ketinggian, arah, jarak, dan sebagainya. Aspek morfogenesis mencakup kajian terhadap proses geomorfik atau proses geomorfologis yang bekerja pada masa lampau dan masa sekarang sehingga membentuk bentuklahan aktual. Aspek morfokronologi menyangkut kronologi atau waktu pembentukan berbagai bentuklahan yang dikaitkan dengan prosesnya, sedangkan aspek litologi menyangkut kajian struktur dan jenis batuan yang menyusun bentuklahan tersebut.

Dalam kajian bencana alam, analisis morfogenesis bentuklahan banyak berkaitan dengan proses geomorfik, namun demikian akibat adanya proses gradasi pada bentuklahan seiring dengan waktu, maka aspek morfologi bentuklahan sangat penting untuk dianalisis guna memprediksi proses-proses geomorfik yang mungkin terjadi di waktu yang akan datang. Penelitian-penelitian bahaya dan resiko tsunami berbasis geomorfologi sudah pernah dilakukan oleh Djunire (2009) dan demikian pula kajian bahaya dan resiko vulkanik oleh Gunadi (2009). Hasil yang diperoleh cukup baik dan sangat bermanfaat untuk program mitigasi bencana.

### 2.3 Penginderaan Jauh.

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa adanya suatu kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1997). Data penginderaan jauh merupakan hasil rekaman dari interaksi antara tenaga elektromagnetik dengan objek yang direkam oleh sensor atau alat pengindra seperti kamera, penyiam (*scanner*), dan radiometri yang masing-masing dilengkapi dengan detektor di dalamnya. Data penginderaan jauh dapat berupa data digital (data 12 numerik) maupun data visual. Data visual terdiri dari citra maupun non citra. Data citra berupa gambaran yang mirip wujud aslinya atau berupa gambaran planimetrik sedangkan data non citra pada umumnya berupa garis atau grafik (Sutanto, 1986).

Interpretasi citra merupakan perbuatan mengkaji foto udara atau penalaran untuk mendeteksi, mengidentifikasi, dan menilai arti pentingnya objek yang tergambar pada citra (Estes dan Simonett, 1975; Sutanto, 1986). Interpretasi citra mempunyai sembilan unsur, yaitu (1) rona atau warna, (2) ukuran, (3) bentuk, (4) tekstur, (5) pola, (6) tinggi, (7) bayangan, (8) situs dan (9) asosiasi (Sutanto, 1986).

Penginderaan jauh sebagai teknik pengumpulan data permukaan bumi banyak memberikan sumbangan di bidang geomorfologi, karena secara umum dapat menampilkan bentanglahan yang disajikan melalui berbagai karakteristik citra. Semula data penginderaan jauh berupa foto udara banyak dimanfaatkan untuk bidang geomorfologi dan terbukti banyak memberikan kemudahan dalam mengetahui karakteristik bentuklahan, namun kini teknik penginderaan jauh satelit terus dikembangkan lagi, baik dalam hal sistem sensor ataupun sistem wahana, sehingga kemajuan teknik ini memungkinkan penggunaannya di bidang geomorfologi menjadi lebih berkembang melalui tampilan visual citra yang semakin rinci.

Geomorfologi mempunyai hubungan yang erat dengan penginderaan jauh disamping dengan disiplin ilmu-ilmu lainnya, seperti geofisika, sedimentologi, geologi, geokimia, hidrologi, klimatologi, pedologi, dan kerekayasa (Summerfield, 1991; Sutikno, 1995), karena citra penginderaan jauh sumberdaya

alam, seperti Landsat, SPOT, dan sejenisnya, menggambarkan obyek daerah dan gejala di permukaan bumi dengan wujud dan letak objek yang mirip dengan di permukaan bumi, relatif lengkap, meliputi daerah luas, dan permanen (Sutikno, 1995). Dengan alasan-alasan tersebut, maka citra penginderaan jauh sebagai model ikonik merupakan alat yang baik sekali sebagai sumber data geomorfologi dan data ini merupakan kerangka letak untuk pemetaan daerah-daerah rawan bencana alam. Pada penelitian ini dua jenis citra akan digunakan, yaitu citra resolusi spasial rendah ( Landsat ETM<sup>+</sup> ) dan citra resolusi spasial tinggi (Quickbird dan Ikonos). *Resolusi spasial* adalah ukuran terkecil objek yang masih dapat dideteksi oleh suatu sistem pencitraan. Semakin kecil ukuran objek yang dapat terdeteksi, berarti resolusinya semakin halus atau semakin tinggi. *Resolusi spektral* adalah kemampuan suatu sistem optik-elektronik untuk membedakan informasi (objek) berdasarkan pantulan atau pancaran spektralnya. *Resolusi radiometrik* adalah resolusi yang menunjukkan kemampuan sensor untuk mencatat respon spektral objek. *Resolusi temporal* adalah resolusi yang menunjukkan kemampuan suatu sistem untuk merekam ulang daerah yang sama dengan satuan hari atau jam (Danoedoro, 1996 ; Asriningrum, 2002).

### 2.3.1 Landsat ETM<sup>+</sup>

Landsat ETM<sup>+</sup> atau Landsat-7 merupakan seri ke-7 atau terakhir dari Landsat yang memiliki beberapa peningkatan kemampuan dibandingkan dengan seri sebelumnya. Landsat-7 diluncurkan pada tanggal 15 April 1999 dan mencakup karakteristik seperti yang disajikan pada Tabel 2.1. dan Tabel 2.2. sebagai keunggulannya dibandingkan dengan generasi sebelumnya.

Tabel 2.1. Karakteristik Landsat ETM<sup>+</sup>

<b>Tipe</b>	<b>Spesifikasi</b>
<u>Karakteristik Orbit :</u>	
Ketinggian	705 km
Inklinasi	98,2
Orbit	Sinkron matahari hampir polar
Melintas ekuator	09.30 waktu setempat
Periode	99 menit
Periode ulang	16 hari



Karakteristik Teknik Sensor :

Tipe penyiam	Opto-mechanical
Resolusi spasial	15/30/60 m
Resolusi radiometrik	8 bit (256 level)
Panjang gelombang	0,45-12,5 $\mu$ m
Jumlah band	8
Liputan	183 x 170 Km
Lebar liputan	183 Km
Stereo	Tidak
Dapat deprogram (programmable)	Ya

Sumber: EROS Data Center (1995), dalam Asriningrum (2002).

Landsat merupakan data penginderaan jauh yang memiliki cakupan yang luas dan kualitas resolusi spasial yang semakin membaik dari waktu ke waktu. Karakteristik ini menguntungkan untuk tujuan analisis geomorfologis karena dengan menggunakan satu liputan (*scene*) data dapat diperoleh kenampakan bentanglahan secara utuh, sehingga sangat membantu untuk analisis bentuklahan secara keruangan (Asriningrum, 2002).

Tabel 2.2. Karakteristik Kanal Landsat ETM<sup>+</sup>

Kanal	Panjang Gelombang ( $\mu$ m)	Resolusi Spasial (m)	Karakteristik
1 (biru)	0,450-0,515	30	Penetrasi maksimum pada air berguna untuk pemetaan bathimetri pada air dangkal. Berguna untuk pembedaan antara tanah dan vegetasi.
2 (hijau)	0,525-0,605	30	Sesuai untuk mengindra puncak pantulan vegetasi dan bermanfaat untuk perkiraan pertumbuhan tanaman.
3 (merah)	0,630-0,690	30	Sesuai untuk membedakan absorbs klorofil yang penting untuk membedakan tipe vegetasi.
4 (inframerah dekat)	0,750-0,900	30	Berguna untuk menentukan kandungan biomas, tipe vegetasi, pemetaan garis pantai serta membedakan antara tanaman tanah dan lahan-air.
5 (inframerah tengah I)	1,550-1,750	30	Menunjukkan kandungan kelembaban tanah dan vegetasi. Penetrasi awan tipis. Baik untuk kontrasan antara tipe vegetasi.
6 (inframerah	10,40-12,50	60	Berguna untuk mendeteksi gejala alam yang

termal)			berhubungan dengan panas. Citra malam hari berguna untuk pemetaan termal dan untuk perkiraan kelembaban tanah.
7 (inframerah tengah II)	2,090-2,350	30	Sama dengan absorbs band yang disebabkan oleh ion hidroksil dalam mineral. Rasio antara band 5 dan 7 berguna untuk pemetaan perubahan batuan secara hidrotermal yang berhubungan dengan endapan mineral dan sensitive terhadap kandungan kelembaban vegetasi.
8 (pankromatik)	0,520-0,900	15	Resolusi spasial yang tinggi bermanfaat untuk identifikasi objek lebih detail.

Sumber: EROS Data Center (1995), dalam Asriningrum (2002).

### 2.3.2 Citra Ikonos

IKONOS adalah satelit penginderaan jauh milik Space Image (USA) yang beresolusi spasial tinggi, diluncurkan pada 24 September 1999 di Vandenberg, California. Satelit ini dirancang untuk beroperasi selama 7 tahun yang mengorbit pada ketinggian 680 km dari permukaan bumi. Orbit sinkron matahari (*sun-synchronous*) dengan sudut inklinasi sebesar  $98,2^{\circ}$  dan memiliki karakteristik fisik yaitu berukuran  $6' \times 5'$  (1,8 x 1,6 m), *Solar Array 15,5'* (4,7 m), berat 1800 pounds (8,7 kg), daya 1100 watt, memiliki 3 sumbu dan 80 Gb *solid state memory*. IKONOS mengelilingi bumi 14 kali per hari atau setiap 98 menit dengan kecepatan 4,5 mil (7 km/detik). Satelit ini membawa sensor pankromatik untuk menghasilkan citra pankromatik hitam putih dengan resolusi spasial 1 meter dan sensor multispektral dengan resolusi spasial 4 m pada 4 kanal dengan panjang gelombang yang berbeda, yaitu saluran biru, hijau, merah dan inframerah dekat (Pike dan Brown, 1999).

Mengingat tingginya resolusi spasial data IKONOS, maka data ini cukup baik untuk identifikasi bentuklahan secara rinci bahkan yang berukuran kecil, seperti teras alluvial, gosong pasir dan sebagainya. Kelebihan ini tentunya akan banyak membantu untuk melakukan analisis bahaya bencana alam yang mungkin terjadi di waktu mendatang berdasarkan pada analisis bentuklahan. Tingginya resolusi spasial yang dimiliki data ini tentunya sangat membantu untuk

identifikasi penutupan/penggunaan lahan secara detil yang sangat bermanfaat untuk analisis resiko bencana alam.

Selain itu kelebihan data satelit beresolusi tinggi ini menurut LAPAN (2006), mampu meningkatkan kegiatan penganalisaan wilayah secara lebih rinci dan detail dalam rencana tata ruang wilayah. Ditinjau dari kemampuan resolusi spasial yang dimiliki, data satelit resolusi tinggi ini dapat digunakan untuk penganalisaan wilayah kota dan perkotaan yang memiliki tingkat heterogenitas tinggi dan menuntut ketelitian penggambaran wilayah yang lebih detail. IKONOS juga memberikan informasi mengenai kelebihan, keterbatasan, dan peluang penggunaannya dalam penyediaan informasi keruangan/spasial sebagai salah satu komponen dalam penyusunan rencana tata ruang wilayah/kota. Data IKONOS dapat membedakan per objek penggunaan lahan dan penutupan lahan di permukaan bumi. Hasil pengolahan data IKONOS dapat menghasilkan peta yang mempunyai ketelitian sampai skala 1 : 5.000. Sayangnya pemanfaatan data satelit resolusi tinggi dalam penyusunan rencana tata ruang wilayah belum optimal, terutama ketiadaan panduan pengolahan dan penganalisaan data satelit resolusi tinggi.

### **2.3.3 Citra QuickBird**

QuickBird adalah citra digital yang mampu menyajikan data dengan resolusi spasial hingga 64 cm, sehingga memungkinkan objek sebesar 64 cm di permukaan dapat teridentifikasi. Dengan demikian manfaat data ini untuk kajian bahaya dan resiko bencana alam hampir sama dengan citra IKONOS.

QuickBird mempunyai kapasitas pengambilan citra sebesar 75 juta km<sup>2</sup>/tahun, sejak tahun 2002 QuickBird telah menghimpun ratusan ribu *scenes* citra. Satelit QuickBird mengorbit secara *sun-synchronous* pada ketinggian 450 km, pada posisi 98<sup>o</sup>. Satelit ini mempunyai media penyimpanan data yang paling besar, yaitu mencapai 128 GB. Data QuickBird mudah diolah menjadi peta karena relatif tidak lagi memerlukan koreksi geometrik maupun radiometrik. Keistimewaan ini memungkinkan para aparat pengelola tata ruang daerah mampu melakukan sendiri kajian dan analisis. Dengan mampu menangani data secara mandiri, pada akhirnya akan memperkuat kemampuan daerah dalam peningkatan kualitas perencanaan dan pengendalian pemanfaatan ruang daerah

(<http://www.citraresolusitinggi.blogspot.com>, diakses tanggal 4 Maret 2008). Figur satelit dari citra QuickBird disajikan pada Gambar 2.1 dan spesifikasinya disajikan pada Tabel 2.3.



**Gambar 2.1.** Satelit Imagery QuickBird, (Sumber : <http://www.citraresolusitinggi.blogspot.com>, diakses tanggal 4 Februari 2008).

**Tabel 2.3.** Spesifikasi Citra Satelit QuickBird

Product Type	Pixel Resolution	Black & White 450 to 900 nm	Blue 450 to 520 nm	Green 520 to 600 nm	Red 630 to 690 nm	Near IR 760 to 900 nm
Panchromatic	60-cm (2-ft) or 70-cm (2.3-ft)	X				
Multispectral	2.4-m (8-ft) or 2.8-m (9.2-ft)		X	X	X	X
Natural Color	60-cm (2-ft) or 70-cm (2.3-ft)	X	X	X	X	
Color Infrared	60-cm (2-ft) or 70-cm (2.3-ft)	X		X	X	X
Pan sharpened (4-band)	60-cm (2-ft) or 70-cm (2.3-ft)	X	X	X	X	X

Sumber: <http://www.citraresolusitinggi.blogspot.com>

Kajian yang pernah dilakukan dengan menggunakan citra QuickBird diantaranya adalah perencanaan tata ruang, identifikasi kawasan kumuh, pembuatan site plan, identifikasi wajib pajak, identifikasi kawasan banjir, dan lain-lain. Beberapa wilayah yang telah dipetakan diantaranya adalah DKI Jakarta,

Surabaya, Sidoarjo, Yogyakarta, dan yang lainnya, sedangkan institusi yang paling sering memanfaatkan data diantaranya Badan Pertanahan Nasional, Bappeda Provinsi maupun Bappeda Kabupaten/Kota, Dinas Tata Kota, Dinas Kehutanan, maupun lembaga pendidikan ([www.citraresolusitinggi.blogspot.com](http://www.citraresolusitinggi.blogspot.com)).

#### **2.4. Sistem Informasi Geografis (SIG)**

Sistem Informasi Geografis adalah suatu sistem berdasarkan komputer yang mempunyai kemampuan untuk menangani data yang bereferensi geografis yang mencakup pemasukan, manajemen data (penyimpanan data dan pemanggilan data), manipulasi dan analisis, dan pengembangan produk dan pencetakan (Aronoff, 1989). Dengan kata lain, suatu SIG adalah suatu sistem basis data dengan kemampuan khusus untuk data yang bereferensi spasial bersamaan dengan seperangkat operasi kerja.

Barus dan Wiradisastra (2000) mengemukakan bahwa sistem informasi geografis berdasarkan operasinya dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu : (1) SIG secara manual, yang beroperasi memanfaatkan peta cetak (kertas/transparan), bersifat data analog, dan (2) SIG secara komputer atau sering disebut SIG otomatis dimana datanya adalah data digital. SIG manual biasanya terdiri dari beberapa unsur data termasuk peta-peta, lembar material transparansi untuk tumpang-tindih, foto udara dan foto lapangan, laporan-laporan statistik, dan laporan-laporan survei lapang.

Dalam SIG terdapat dua macam data, yaitu data spasial dan data atribut (tabulasi). Data spasial disajikan dalam bentuk titik, garis dan area. Sedangkan data atribut sering dikategorikan sebagai data non spasial, karena peranannya tidak menunjukkan posisinya, akan tetapi lebih menunjukkan penjelasan mengenai objek atau identitas. Data atribut dapat dinyatakan menjadi empat bentuk yaitu nominal, ordinal, interval, dan ratio.

Aplikasi SIG saat ini telah banyak digunakan di Indonesia baik untuk perencanaan pertanian maupun penggunaan lahan. Sebagai contoh SIG dapat digunakan untuk menentukan luas efektif tanaman perkebunan pada suatu luasan tertentu, aplikasi SIG juga digunakan untuk analisis perkembangan pemukiman dan banyak lagi aplikasi SIG yang telah diterapkan dalam berbagai kegiatan antara lain untuk pemetaan kawasan rawan banjir dan lain-lain.

Dalam aplikasinya Sistem Informasi Geografis menggunakan suatu software tertentu. Software yang sering digunakan di Indonesia saat ini adalah ArcView (ArcView versi 3.3), selain itu masih ada lagi beberapa jenis software lain yang sering digunakan seperti ArcGIS dan lain-lain.

## **2.5 Penutupan/Penggunaan Lahan**

Penggunaan lahan (*landuse*) menurut Lillesand dan Kiefer (1997), berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang lahan tertentu, sedangkan penutup lahan (*land cover*) berkaitan dengan jenis kenampakan yang ada di permukaan bumi. Informasi tentang penutup lahan pada umumnya dapat dikenali dengan mudah pada citra penginderaan jauh, tetapi informasi tentang penggunaan lahan tidak selalu dapat ditafsir secara langsung pada citra penginderaan jauh. Untuk menafsir penggunaan lahan pada citra penginderaan jauh dapat didekati dari informasi penutup lahannya.

Untuk Ruang Terbuka Hijau (RTH) pemanfaatannya lebih bersifat pengisian hijau tanaman atau tumbuh-tumbuhan secara alamiah ataupun budidaya tanaman, seperti lahan pertanian, pertanaman, perkebunan dan sebagainya. Ruang terbuka hijau merupakan salah satu bentuk konsep untuk meningkatkan kualitas lingkungan hidup di wilayah perkotaan. Pengembangan RTH di perkotaan diupayakan membuka peluang terciptanya kawasan hijau bersifat alami dengan vegetasi jenis tanaman yang merupakan bagian dari penataan ruang kota sebagai kawasan hijau (Purnomo, 2001).

Untuk menghitung resiko bencana, informasi penutupan/penggunaan lahan sangat dibutuhkan karena setiap penutupan penggunaan lahan mempunyai nilai ekonomis dan jiwa. Sebagai misal ruang terbangun, selain padat penduduk umumnya juga padat investasi (perumahan, pertokoan, dan lain-lain) (Savitri, 2007).

Klasifikasi penutup/penggunaan lahan adalah upaya pengelompokan penutup/penggunaan lahan dalam penyajian data spasial dari penggunaan citra penginderaan jauh. Menurut Suharyadi (1996), secara teoritis klasifikasi penutupan /penggunaan lahan yang dibangun harus mempertimbangkan beberapa kriteria, yaitu tujuan survei, skala peta, dan kualitas data penginderaan jauh yang digunakan sebagai sumber utama dalam pemetaannya.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian meliputi wilayah Kota Bogor yang terletak di antara  $106^{\circ}43'30''$  –  $106^{\circ}51'00''$  Bujur Timur dan  $6^{\circ}30'30''$  –  $6^{\circ}41'00''$  Lintang Selatan. Kota Bogor merupakan salah satu kota yang berada di bawah wilayah administrasi Provinsi Jawa Barat dan hanya berjarak lebih kurang 56 Km dari Jakarta sebagai pusat pemerintahan Indonesia. Penelitian ini dimulai dari bulan Oktober 2008 sampai dengan bulan November 2009. Untuk analisis data dilakukan di Laboratorium Penginderaan Jauh dan Informasi Spasial, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

#### 3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas citra satelit dan peta-peta yang secara rinci dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Data dan Peta yang digunakan dalam Penelitian

No.	Nama Bahan	Spesifikasi Skala
1.	Citra satelit Landsat-7 ETM+ tanggal 07 Agustus 2002 dalam liputan ( <i>scene</i> ) path/row 122/65 wilayah Kota Bogor dan sekitarnya.	
2.	Citra Ikonos Kodya Bogor tahun 2003 dan citra Quickbird Bogor, Cibinong, Ciawi dan Cigombong tahun 2006.	
3.	SRTM Resolusi 90 m, The CGIR Consortium for Spasial Information (CGIR-CSI)	
4.	Peta Jaringan Jalan Kota Bogor tahun 2005, Badan Perencanaan Daerah (BAPEDA) Kodya Bogor.	1 : 25.000
5.	Peta Batas Administrasi Kota Bogor tahun 2008, BAPEDA Kodya Bogor.	1 : 65.000
6.	Peta Penggunaan Lahan tahun 2005, BAPEDA Kodya Bogor.	1 : 65.000
7.	Peta Kelerengan Kota Bogor tahun 2005, BAPEDA Kodya Bogor.	1 : 25.000
8.	Peta Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota Bogor (digital) tahun 2005 Produksi BAPEDA Kodya Bogor	
9.	Data Penduduk dan Tenaga Kerja Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Bogor tahun 2006 ( <i>softcopy</i> ).	
10.	Data Sosial dan Budaya Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Bogor tahun 2006 ( <i>softcopy</i> ).	
11.	Data Pendukung lainnya : - Peta Kontur Digital, BAKOSURTANAL - Peta Jalan Digital, BAKOSURTANAL - Peta Geologi Digital, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi - Bandung	1 : 25.000 1 : 100.000

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari seperangkat komputer, *printer*, dan *scanner*, dan beberapa *software* seperti Arc View 3.3, ER Mapper 6.4, Erdas Imagine 8.6, Microsoft Word 2007, dan Microsoft excel 2007. Untuk survei lapangan alat dan bahan yang digunakan meliputi GPS, kamera digital, peta topografik, dan peta-peta tematik seperti peta bentuklahan hasil intrpretasi, peta penggunaan lahan, peta kelerengan, dan peta rencana tata ruang wilayah (RTRW) Kota Bogor.

### **3.3 Metode Penelitian**

Metode yang dilakukan dalam penelitian secara umum terdiri dari lima tahap, yaitu tahap persiapan, tahap pengolahan dan interpretasi data, pengecekan lapang, analisis hasil, dan tahap penyajian hasil.

#### **3.3.1 Tahap Persiapan**

Tahap ini merupakan tahap pengumpulan literatur dan data lain baik data primer maupun data sekunder yang jumlah dan jenisnya sesuai dengan kebutuhan untuk analisis dan interpretasi geomorfologi, penutupan/penggunaan lahan, serta potensi bahaya dan resiko bencana alam yang paling mungkin terjadi di Kota Bogor. Pada tahap ini data yang dipersiapkan antara lain seperti peta topografik, peta penggunaan lahan, peta tanah, peta geologik, citra Landsat ETM<sup>+</sup>, Citra Ikonos, dan Citra Quick Bird.

Citra Landsat ETM<sup>+</sup> digunakan untuk mengamati Kota Bogor dan sekitarnya secara global, sedangkan secara detil digunakan citra resolusi tinggi, yaitu Quickbird dan Ikonos yang hanya mencakup wilayah Kota Bogor.

#### **3.3.2 Tahap Pengolahan dan Interpretasi Data**

Tahap pengolahan data dari citra Landsat ETM<sup>+</sup> yang mencakup koreksi geometrik, pemotongan (*cropping*) citra, fusi kanal multispasial, dan penajaman spasial citra (*filtering*). Adapun untuk citra Quickbird dan Ikonos tidak dilakukan karena kedua citra tersebut sudah terkoreksi geometrik dan berupa citra pan-sharpen.



### 1. Koreksi Geometrik

Koreksi geometri atau rektifikasi yaitu mengidentifikasi *Ground Control Point* (GCP) atau titik ikat yang mudah ditentukan di lapangan atau di peta topografik yang dibuat merata pada seluruh citra dengan tujuan untuk memperbaiki distorsi geometrik sehingga diperoleh citra dengan sistem proyeksi dan koordinat seperti yang ada pada peta. Koreksi geometrik dapat dilakukan dengan cara *image to map geo-correction* atau koreksi citra yang belum terkoreksi terhadap peta digital yang telah terkoreksi. Pada proses ini akurasi yang baik ditunjukkan oleh nilai *Root Mean Square Error* (RMS-error) yang sangat kecil mendekati nol atau kurang dari 0.5. Untuk perhitungan RMS-error digunakan persamaan berikut:

$$\text{RMS-error} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e^2}{n}}$$

Keterangan: e = eror tiap pixel

n = jumlah GCP

### 2. Pemotongan Citra

Pemotongan citra (*cropping*) dilakukan untuk mendapatkan batas daerah penelitian, dengan maksud untuk dapat dilakukan pengolahan data yang lebih rinci pada daerah tersebut. Pemotongan citra ini dilakukan dengan menggunakan *software* ER Mapper 6.4 yang didasarkan pada posisi koordinat yang terdapat di peta digital Kota Bogor dengan proyeksi UTM (*Universal Transfer Mercator*).

### 3. Fusi Multispasial dan Penajaman Spasial

*Fusi multispasial* merupakan penggabungan kanal-kanal yang memiliki resolusi spasial berbeda. Pada Landsat ETM<sup>+</sup> dilakukan penggabungan antara citra multispektral (band 1, 2, 3, 4, 5, dan 7) yang memiliki resolusi spasial 30 m dengan kanal pankromatik (band 8) yang memiliki resolusi spasial 15 m. Dengan demikian akan didapatkan hasil berupa citra baru multispektral yang memiliki resolusi spasial 15 m. Citra multispektral yang dipakai dalam penelitian ini dipilih kombinasi kanal 752 karena kombinasi ini merupakan kombinasi terbaik untuk

penajaman profil permukaan bumi (Quinn, 2001), oleh karena itu kombinasi tersebut dalam penelitian ini digunakan untuk interpretasi geomorfologi.

Metode fusi multispasial yang digunakan dalam penelitian adalah metode Brovey dan metode RGBI. Hasil dari keduanya akan dibandingkan dan dipilih yang terbaik, yaitu yang dapat menonjolkan dengan lebih baik kenampakan bentuklahan Kota Bogor dan sekitarnya. Metode Brovey adalah metode fusi citra yang digunakan untuk mempertajam kenampakan air dan menampilkan permukaan bumi lebih alami. Metode Brovey bekerja dengan cara membagi kanal yang digunakan dalam lapisan warna tertentu dengan jumlah dari ketiga kanal yang digunakan dalam tiga lapisan warna (RGB) dan hasilnya dikalikan dengan citra pankromatik. Untuk mengerjakan metode Brovey pada perangkat lunak *ER Mapper* digunakan rumus-rumus sebagai berikut :  $R = r/(r+g+b)*1$ ,  $G = g/(r+g+b)*1$ ,  $B = b/(r+g+b)*1$ , dimana : r, g, dan b adalah band terseleksi dan 1 adalah band pankromatik (band 8).

Metode RGBI adalah metode fusi yang digunakan untuk menggabungkan data penginderaan jauh yang berbeda, yaitu ke dalam sistem HSI (*Hue-Saturation-Intensity*). Dalam metode ini terdapat rangkaian proses dari RGB-HSI-RGB. Dimana masing-masing saluran R, G, dan B diubah ke dalam I, H, dan S dan kemudian dilakukan algoritma balik dari masing-masing I, H, dan S ke dalam R, G, dan B. Citra pankromatik atau band 8 ditempatkan pada saluran *intensity* sehingga akan didapatkan citra yang baru dengan bentuk RGB. Metode RGBI berguna untuk meningkatkan kualitas citra komposit multispektral sehingga diperoleh data baru yang warna kompositnya meningkat.

Adapun *penajaman spasial* atau *filtering* bertujuan untuk menghaluskan, menonjolkan, dan mempertajam detail permukaan bumi. Ada beberapa macam proses penajaman spasial, namun dalam penelitian ini digunakan tiga jenis penajaman spasial, yaitu *low pass filter*, *high pass filter*, dan *edge detection filter*. Hasil dari proses penajaman ini dipilih yang terbaik untuk kenampakan bentuklahan.

#### **4. Interpretasi citra**

Setelah melalui pengolahan citra seperti tersebut di atas, maka pada citra komposit 752 dapat dilakukan interpretasi geomorfologi secara visual. Aspek-

aspek bentuklahan seperti morfologi, morfogenesis, morfokronologi, dan litologi menjadi bagian penting dalam interpretasi. Tahapan-tahapan interpretasi mencakup identifikasi, delimitasi, dan delineasi. *Identifikasi* adalah mengenali bentuklahan dan memberikan nama-nama bentuklahan, *delimitasi* adalah mencari dan mengenali batas antar bentuklahan pada citra, sedangkan *delineasi* adalah menarik garis batas antar bentuklahan sesuai dengan hasil delimitasi untuk dapat memisahkan bentuklahan yang satu dengan yang lainnya.

Kunci interpretasi yang sering digunakan untuk interpretasi geomorfologi ini adalah bentuk, ukuran, bayangan, tekstur, pola dan situs. Hasil interpretasi kemudian dibuat ke dalam sebuah peta bentuklahan sementara (tentatif) yang siap untuk dicek di lapangan.

### **3.3.3 Tahap Pengecekan Lapang (*survey*)**

Pengecekan lapang dilakukan dua kali, yang pertama bertujuan untuk mengetahui kebenaran hasil interpretasi geomorfologi (bentuklahan) dan juga pengamatan terhadap penggunaan lahan berdasarkan peta penggunaan lahan yang sudah ada (*rechecking*). Selain itu, dilakukan juga kerja lapangan berupa wawancara kepada penduduk setempat dan menghitung morfometri bentuklahan di daerah yang diduga rawan terhadap bencana alam. Adapun pengecekan lapangan kedua dilakukan setelah melakukan analisis hasil atau menghasilkan peta bahaya bencana alam dan resiko bencana alam. Maksud dari cek lapangan ini adalah untuk menelaah kembali hasil pemetaan tersebut dengan keadaan di lapangan.

### **3.3.4. Tahap Analisis Hasil**

#### ***1. Bahaya Bencana Alam***

Pendekatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pendekatan geomorfologi, sehingga analisis yang dilakukan untuk kajian bahaya bencana alam adalah analisis bentuklahan. Untuk pemetaan bahaya bencana alam maka bentuklahan dijadikan sebagai satuan pemetaan, sehingga peta bentuklahan merupakan peta yang harus dihasilkan terlebih dahulu. Dari peta bahaya yang dihasilkan selanjutnya dapat dianalisis dengan peta penggunaan lahan untuk menghasilkan peta resiko bencana. Bahaya alami yang diperhitungkan dalam penelitian ini adalah bahaya banjir, longsor, dan lahar. Ketiga jenis bahaya alam

tersebut dipilih karena banjir dan longsor merupakan fenomena yang sering terjadi di daerah penelitian, sedangkan lahar merupakan fenomena yang sangat berpotensi untuk terjadi di daerah penelitian jika terjadi letusan gunungapi di sekitar Kota Bogor. Hal ini dikarenakan Kota Bogor dilalui oleh dua sungai utama yang bersumber dari dua puncak gunungapi, yaitu G. Salak dan G. Pangrango, yang dapat aktif kembali sewaktu-waktu di waktu mendatang.

Analisis geomorfologi atau bentuklahan untuk menilai bahaya alami lebih banyak ditekankan pada aspek morfologi dan morfogenesis. Selain itu, analisis ini diperkuat dengan hasil wawancara dengan penduduk sebagai saksi atau korban terhadap bencana alam di masa yang lalu. Wawancara ini bertujuan pula untuk mengurangi tingkat subyektivitas terhadap analisis geomorfologi yang dilakukan. Dasar-dasar analisis seperti tersebut di atas diuraikan sebagai berikut :

#### **a. Morfogenesis**

Morfogenesis mencerminkan proses-proses geomorfik yang melahirkan bentuklahan, sedangkan proses-proses yang sama berpeluang besar untuk terjadi lagi di atas bentuklahan yang sama di waktu yang akan datang. Oleh karena itu morfogenesis bentuklahan diberi bobot yang lebih besar untuk identifikasi dan penilaian bahaya banjir maupun lahar. Bentuklahan fluvial seperti lembah sungai (*river valley*) yang didalamnya terdapat dataran banjir (*flood plain*), teras aluvial (*alluvial terraces*), gosong pasir (*point bar deposit*) atau yang lainnya merupakan bentuklahan yang berkaitan erat dengan proses air mengalir (sungai) termasuk pada saat debit air meningkat yang menghasilkan banjir. Bentuklahan-bentuklahan tersebut selain terletak di tepi aliran sungai juga merupakan bentuklahan-bentuklahan yang berelevasi rendah terhadap aliran air sungai aktual, oleh karena itu bentuklahan-bentuklahan tersebut berpotensi besar untuk tergenang oleh banjir atau lahar di waktu mendatang.

Untuk bahaya longsor bentuklahan-bentuklahan fluvial yang lain seperti tebing lembah sungai (*river valley scarp*) atau bentuklahan vulkanik yang mempunyai kemiringan lereng yang curam baik di lerengkaki ataupun lereng tengah kerucut vulkanik merupakan bentuklahan yang cukup berpotensi untuk mengalami longsor.

### ***b. Morfologi***

Faktor elevasi bentuklahan terhadap aliran air sungai aktual merupakan faktor morfometri yang penting untuk analisis bahaya banjir dan lahar. Hal ini berkaitan erat dengan tingginya luapan air dari banjir maupun luapan lahar yang membawa material vulkanik. Untuk bahaya lahar faktor jarak dari pusat letusan juga diperhitungkan, karena wilayah pusat letusan merupakan wilayah yang menyediakan bahan-bahan piroklastik yang dapat dibawa oleh aliran air untuk melahirkan lahar. Suatu titik di sungai yang jaraknya semakin jauh dari pusat letusan sebagai sumber material vulkanik, maka akan mempunyai potensi bahaya yang semakin menurun.

Untuk menilai bahaya longsor, aspek morfometri kemiringan lereng diberi bobot yang lebih besar untuk penilaian bahaya. Hal ini disebabkan kemiringan lereng mempunyai peranan yang besar terhadap proses terjadinya longsor di atas bentuklahan dari berbagai morfogenesis. Sehingga bentuklahan yang mempunyai kemiringan yang besar mempunyai kerentanan yang tinggi terhadap proses longsor.

### ***c. Sejarah Bencana***

Data sejarah bencana alam selain diperoleh melalui data sekunder juga diperoleh dari kerja lapangan, yaitu dari hasil informasi atau wawancara dengan penduduk yang menjadi saksi atau pernah menjadi korban bencana alam. Pengumpulan informasi ini dilakukan terhadap titik-titik yang pernah mengalami bencana, terutama banjir dan longsor, dan titik-titik tersebut lokasinya ditandai dengan GPS yang kemudian dijadikan sebagai bahan referensi untuk analisis ulang pemetaan bahaya bencana alam.

Analisis untuk menentukan kelas bahaya bencana alam dalam penelitian ini dilakukan dengan metode pembobotan (*weighting*) terhadap faktor-faktor penentu bahaya dan penskoran (*scoring*) terhadap parameter-parameter penentu bahaya. Bobot disajikan dalam angka dan menunjukkan persentasi besarnya kerentanan faktor-faktor tersebut terhadap bencana, sedangkan angka skor menunjukkan tingginya kerentanan dari masing-masing parameter secara relatif terhadap bencana. Nilai akhir dari masing-masing parameter diperoleh dari hasil perkalian antara bobot dan skor. Adapun besarnya nilai bahaya suatu bentuklahan,

ditunjukkan oleh penjumlahan terhadap nilai dari masing-masing parameter, dan selanjutnya dikelaskan melalui perhitungan kelas interval. Berikut diuraikan pemberian bobot, skor, nilai, kelas interval, dan kelas bahaya dari masing-masing bencana.

**a) Banjir**

Seperti diuraikan di atas, morfogenesis bentuklahan diberi bobot persen yang lebih besar dalam perhitungan bahaya karena merupakan faktor yang dapat mengidentifikasi secara awal bentuklahan-bentuklahan yang mempunyai kerawanan terhadap bahaya, dalam hal ini morfogenesis diberi angka 60 (enam puluh), sedangkan aspek morfometri bentuklahan yang diwakili oleh elevasi terhadap permukaan air sungai aktual diberi bobot 40 (empat puluh). Tabel 3.2, dan Tabel 3.3 berikut menyajikan hasil perumusan pembobotan dan penskoran dari bentuklahan.

**Tabel 3.2.** Klasifikasi bobot, skor dan nilai morfogenesis bentuklahan

Bentuklahan Fluvial (bobot = <b>60</b> )		
<b>Nama Bentuklahan</b>	<b>Skor</b>	<b>Nilai</b>
Dataran banjir	2	120
Teras Alluvial 1	1	60
Teras Alluvial 2	0	0

*Sumber: Hasil Perumusan*

**Tabel 3.3.** Klasifikasi bobot, skor dan nilai morfometri bentuklahan (elevasi)

Elevasi terhadap permukaan air sungai aktual (bobot = <b>40</b> )		
<b>Ketinggian</b>	<b>Skor</b>	<b>Nilai</b>
< 2 m	2	80
2 – 4 m	1	40
> 4 m	0	0

*Sumber: Hasil Perumusan*

Hasil perhitungan bahaya dari penjumlahan nilai-nilai yang diperoleh pada tabel-tabel tersebut selanjutnya dikelaskan ke dalam empat kelas dengan terlebih dahulu menentukan besarnya kelas interval, yaitu dengan rumus jumlah nilai tertinggi dikurangi jumlah nilai terendah dibagi 4, sehingga kelas interval yang didapat untuk kelas bahaya banjir adalah:  $(200 - 0)/4 = 50$ . Dengan demikian klasifikasi bahaya banjir untuk daerah penelitian dapat di kelaskan seperti pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Klasifikasi dan kelas interval bahaya banjir.

<b>Kelas</b>	<b>Kelas Interval</b>	<b>Kriteria</b>
Bahaya I (tinggi)	> 102	Wilayah berpotensi tinggi terkena banjir
Bahaya II (sedang)	52 – 102	Wilayah berpotensi sedang terkena banjir
Bahaya III (rendah)	1 – 51	Wilayah berpotensi rendah terkena banjir
Tidak berbahaya/aman	0	Wilayah tidak berpotensi terkena banjir (aman dari banjir)

*Sumber: Hasil Perumusan*

Seperti diuraikan sebelumnya bahwa klasifikasi tersebut di atas ditambah satu kelas lagi, yaitu kelas sangat tinggi untuk suatu area yang dalam klasifikasi termasuk ke dalam kelas tinggi namun sesuai hasil cek lapangan pernah mengalami bencana sebelumnya (longsor dan banjir). Hal ini dengan asumsi bahwa proses bencana yang sama dapat terulang kembali di area yang sama di waktu mendatang. Dengan demikian klasifikasi lengkapnya disajikan pada Tabel 3.5 berikut.

**Tabel 3.5** Klasifikasi akhir untuk bahaya banjir.

<b>Kelas</b>	<b>Kelas Interval</b>	<b>Kriteria</b>
Bahaya sangat tinggi	>102	Wilayah berpotensi tinggi terkena banjir dan pernah kebanjiran sebelumnya.
Bahaya tinggi	> 102	Wilayah berpotensi tinggi terkena banjir
Bahaya sedang	52 – 102	Wilayah berpotensi sedang terkena banjir
Bahaya rendah	1 – 51	Wilayah berpotensi rendah terkena banjir
Tidak berbahaya/aman	0	Wilayah tidak berpotensi terkena banjir (aman dari banjir)

*Sumber: Hasil Perumusan*

#### **b) Longsor**

Seperti diuraikan sebelumnya bahwa untuk bahaya longsor parameter kemiringan lereng mempunyai peranan penting terhadap proses terjadinya longsor yang dapat terjadi di atas bentuklahan dari berbagai morfogenesis. Oleh sebab itu dalam penilaian bahaya longsor parameter lereng diberi bobot lebih besar yaitu sebesar 50 (Tabel 3.6), sedangkan parameter penentu longsor lainnya seperti permeabilitas

tanah dan penggunaan lahan masing-masing mempunyai bobot angka 25 (Tabel 3.7 dan 3.8).

**Tabel 3.6** Klasifikasi bobot, skor dan nilai untuk morfometri bentuklahan (kemiringan lereng).

Kemiringan lereng (bobot 50)		
Kemiringan lereng	Skor	Nilai
> 40 %	3	150
25 – 40 %	2	100
8 – 25 %	1	50
0 – 8 %	0	0

Sumber: Hasil Perumusan

**Tabel 3.7** Klasifikasi bobot, skor dan nilai permeabilitas tanah.

Permeabilitas tanah (bobot 25)		
Permeabilitas tanah	Skor	Nilai
Sangat lambat	4	100
Lambat	3	75
Sedang	2	50
Cepat	1	25
Sangat Cepat	0	0

Sumber: Hasil Perumusan

**Tabel 3.8** Klasifikasi bobot, skor dan nilai untuk penggunaan lahan.

Penggunaan lahan (bobot 25)		
Penggunaan Lahan	Skor	Nilai
Ruang Terbangun, Tegalan, Kebun Campuran	2	50
Ruang Terbuka Hijau, Semak	1	25
Sawah, Tempat Pemakaman Umum, Tubuh Air	0	0

Sumber: Hasil Perumusan

Berdasarkan nilai-nilai yang ada pada table-table tersebut di atas, penilaian bahaya longsor dapat dilakukan melalui proses penjumlahan, sedangkan klasifikasi bahaya longsor dilakukan dengan menghitung kelas interval terlebih dahulu dengan cara seperti pada penilaian bahaya banjir, yaitu :  $(300 - 0)/4 = 75$ . Dengan demikian klasifikasi bahaya longsor dapat diuraikan seperti pada Tabel 3.9.



**Tabel 3.9** Klasifikasi dan kelas interval bahaya longsor.

<b>Kelas</b>	<b>Kelas Interval</b>	<b>Kriteria</b>
Bahaya I (tinggi)	> 152	Wilayah berpotensi tinggi terjadi dan terkena longsor
Bahaya II (sedang)	77 – 152	Wilayah berpotensi sedang terjadi dan terkena longsor
Bahaya III (rendah)	1 – 76	Wilayah berpotensi rendah terjadi dan terkena longsor
Tidak berbahaya/aman	0	Wilayah tidak berpotensi terjadi dan terkena longsor (aman dari longsor)

*Sumber: Hasil Perumusan*

Seperti halnya pada klasifikasi banjir, untuk klasifikasi akhir bahaya longsor berdasarkan data lapangan terhadap sejarah dan lokasi area-area yang pernah mengalami longsor sebelumnya, maka klasifikasi akhir dari bahaya longsor disajikan pada Tabel 3.10.

**Tabel 3.10** Klasifikasi akhir bahaya longsor.

<b>Kelas</b>	<b>Kelas Interval</b>	<b>Kriteria</b>
Bahaya sangat tinggi	>152	Wilayah berpotensi tinggi terjadi dan terkena longsor dan pernah terjadi sebelumnya
Bahaya tinggi	> 152	Wilayah berpotensi tinggi terjadi dan terkena longsor
Bahaya sedang	77 – 152	Wilayah berpotensi sedang terjadi dan terkena longsor
Bahaya rendah	1 – 76	Wilayah berpotensi rendah terjadi dan terkena longsor
Tidak berbahaya/aman	0	Wilayah tidak berpotensi terjadi dan terkena longsor (aman dari longsor)

*Sumber: Hasil Perumusan*

### **c) Lahar**

Lahar merupakan bahaya vulkanik yang berpotensi besar terjadi di Kota Bogor. Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan lapangan, bahwa singkapan endapan lahar di masa lalu dapat ditemui di sepanjang lembah sungai yang ada di Kota Bogor, lembah-lembah sungai yang terancam oleh bahaya lahar adalah lembah-lembah yang mempunyai hulu sungai di lereng atas gunungapi (G. Salak atau G. Pangrango) atau langsung dari puncak gunungapi tersebut.

Mengingat bahwa lahar adalah banjir yang membawa material vulkanik, maka untuk bahaya vulkanik aliran lahar memiliki parameter yang sama dengan bahaya banjir namun ditambah dengan jarak terhadap pusat letusan (kawah)

gunungapi, dimana kawah yang ada sekarang ini diasumsikan sebagai pusat letusan gunungapi di waktu yang akan datang dan wilayah di sekeliling kawah merupakan wilayah penyumbang material vulkanik (piroklastik) untuk melahirkan lahar. Dalam hal ini morfogenesis bentuklahan tetap diberi bobot paling besar, yaitu 40 (empat puluh), sedangkan ketinggian terhadap permukaan sungai aktual serta jarak terhadap pusat letusan diberi bobot masing-masing 30 (tiga puluh). Hasil perumusan bobot, skor, dan nilai dari masing-masing parameter disajikan pada Tabel 3.11, 3.12, dan 3.13.

**Tabel 3.11** Klasifikasi bobot, skor dan nilai morfogenesis bentuklahan.

Bentuklahan Fluvial (bobot <b>40</b> )		
<b>Bentuklahan</b>	<b>Skor</b>	<b>Nilai</b>
Dataran banjir	2	80
Teras Alluvial 1	1	40
Teras Alluvial 2	0	0

*Sumber: Hasil Perumusan*

**Tabel 3.12.** Klasifikasi bobot, skor dan nilai morfometri bentuklahan (ketinggian).

Ketinggian terhadap permukaan air aktual (bobot <b>30</b> )		
<b>Ketinggian</b>	<b>Skor</b>	<b>Nilai</b>
< 3 m	2	60
3 – 5 m	1	30
> 5 m	0	0

*Sumber: Hasil Perumusan*

**Tabel 3.13.** Klasifikasi bobot, skor, dan nilai morfometri bentuklahan (Jarak Lembah Sungai terhadap Pusat Letusan Gunungapi).

Jarak lembah sungai terhadap pusat letusan (bobot <b>30</b> )		
<b>Jarak dari Kawah</b>	<b>Skor</b>	<b>Nilai</b>
0 – 15 Km	3	90
15 – 45 Km	2	60
>45 Km	1	30

Seperti halnya pada bahaya banjir, klasifikasi untuk bahaya lahar dikelaskan sesuai dengan kelas interval yang dihitung sebagai berikut :  $(230 - 30)/4 = 50$ , sehingga diperoleh klasifikasi bahaya lahar seperti yang disajikan pada

Tabel 3.14. Untuk bahaya lahar ini tidak ada kelas sangat tinggi berhubung tidak didapatkan data lapangan tentang area yang pernah terkena lahar sebelumnya, karena tidak ada responden yang mengetahui.

**Tabel 3.14** Klasifikasi dan kelas interval bahaya lahar.

<b>Kelas</b>	<b>Kelas Interval</b>	<b>Kriteria</b>
Bahaya I (tinggi)	> 102	Wilayah berpotensi besar tinggi terkena aliran lahar
Bahaya II (sedang)	52 – 102	Wilayah berpotensi sedang terkena aliran lahar
Bahaya III (rendah)	1 – 51	Wilayah berpotensi rendah terkena aliran lahar
Tidak berbahaya/aman	0	Wilayah tidak berpotensi terkena lahar (aman dari aliran lahar)

Sumber: Hasil Perumusan

Berdasarkan metode tersebut di atas dapat dihasilkan peta-peta bahaya banjir, bahaya longsor, dan bahaya lahar untuk daerah penelitian. Dari ketiga peta tematik tersebut selanjutnya dapat dibuat suatu peta bahaya bencana alam berdasarkan ketiga bahaya tersebut atau gabungan dengan cara analisis tumpang tindih (*overlay*). Kelas bahaya gabungan dalam hal ini dibagi menjadi lima, yaitu sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, dan aman, dimana kelas *sangat tinggi* minimal tersusun oleh kombinasi satu kelas bahaya sangat tinggi dan dua kelas bahaya tinggi; kelas bahaya *tinggi* tersusun minimal oleh kombinasi satu kelas bahaya sangat tinggi, satu kelas bahaya tinggi, dan satu kelas bahaya sedang, atau satu kelas bahaya tinggi dan dua kelas bahaya sedang, atau dua kelas bahaya tinggi dan satu kelas bahaya rendah; kelas *sedang* tersusun minimal oleh kombinasi satu kelas bahaya sedang dan dua kelas bahaya rendah, atau dua kelas bahaya sedang dan satu kelas aman; sedangkan untuk kelas *rendah* minimal tersusun oleh kombinasi satu kelas bahaya sedang, satu kelas bahaya rendah, dan satu kelas aman, atau satu kelas bahaya rendah dan dua kelas aman. Jika kelas bahaya tersusun oleh kombinasi tiga kelas yang berbeda, yaitu sangat tinggi atau tinggi, sedang, dan rendah, maka dimasukkan ke dalam kelas sedang.

## 2. Resiko Bencana Alam

Menurut Rangers dan Western (1994) proses analisis resiko adalah untuk menilai sejumlah resiko yang timbul akibat bencana terhadap berbagai aktivitas ekonomi. Menurut Bacharudin (1994), perhitungan resiko dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$R = E \times V \times H$$

Dimana :

R = Resiko

E = Elemen resiko atau obyek yang terdapat di daerah bahaya

V = Kerentanan atau tingkat kemudahan suatu obyek terkena bahaya

H = Bahaya alam tertentu

Berdasarkan rumusan tersebut maka untuk menghitung besarnya resiko bencana banjir dan longsor dapat dilakukan hal-hal sebagai berikut :

a. *Elemen resiko x Kerentanan terhadap bencana alam (E x V)*

Elemen resiko (E) adalah obyek-obyek yang terdapat di daerah bahaya bencana alam. Untuk menghitung resiko, data elemen resiko diambil dari peta penutupan/penggunaan lahan, sehingga peta ini dianggap sebagai wadah dari elemen-elemen resiko tersebut. Adapun aspek kerentanan terhadap bencana alam (V) mencerminkan persentase tingkat kemudahan dan nilai suatu obyek jika terkena bencana alam. Sehingga untuk menghitung resiko, maka nilai kerentanan ini perlu dirinci dan perinciannya di sajikan pada Tabel 3.15 berikut.

Tabel 3.15 Klasifikasi elemen resiko dari penutupan/penggunaan lahan dan nilai kerentanannya.

No.	Kelas Penutupan/penggunaan lahan (Elemen)	Nilai Kerentanan
1.	Ruang Terbangun	100
2.	Ruang Terbuka Hijau, Kebun Campuran, Sawah, dan Tegalan	50
3.	Semak, Tempat Pemakaman Umum, dan Tubuh air	10

Sumber: Hasil Perumusan

Pada tabel tersebut terlihat bahwa elemen ruang terbangun diberikan nilai kerentanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan elemen penggunaan lahan yang lainnya. Hal ini disebabkan elemen penggunaan lahan ruang terbangun sangat berkaitan erat dengan faktor manusia atau jiwa manusia dan fasilitas umum lainnya. Jiwa manusia merupakan asset hidup yang paling tinggi harganya sehingga diberi nilai yang tinggi. Sedangkan penggunaan lahan yang lain seperti ruang terbuka hijau (RTH), kebun campuran, sawah, tubuh air, semak, tempat pemakaman umum (TPU), dan tegalan diberikan nilai kerentanan sesuai dengan nilai ekonomis dari masing-masing elemen jika terjadi kerusakan fatal oleh bencana alam. RTH yang dimaksud dalam penelitian ini adalah hanya RTH publik, seperti taman kota, lapangan golf, atau yang lainnya yang dibangun dengan investasi.

b. *Bahaya Alam (H)*

Bahaya alam yang mengancam daerah penelitian hanya dibatasi pada tiga jenis bahaya, yaitu banjir, longsor, lahar. Untuk menghitung nilai resiko, maka gabungan bahaya bencana alam perlu dikelaskan menjadi tingkat bahaya bencana alam seperti disajikan pada Tabel 3.16.

Tabel 3.16 Klasifikasi tingkat bahaya alam.

<b>Kelas</b>	<b>Nilai</b>
Bahaya sangat tinggi	100
Bahaya tinggi	75
Bahaya sedang	50
Bahaya rendah	25
Tidak berbahaya / aman	0

Sumber: Hasil Perumusan

Berdasarkan nilai-nilai di atas, selanjutnya dapat dilakukan analisis spasial (*overlay*) untuk mengetahui resiko yang ada. Tingkat resiko dibagi menjadi empat kelas, yaitu tinggi, sedang, rendah, dan tidak berisiko atau aman. Kelas interval untuk klasifikasi ini adalah sebesar:  $(10.000 - 0) / 4 = 2500$ , dan disajikan pada Tabel 3.17.

Tabel 3.17 Kelas Resiko bencana wilayah penelitian.

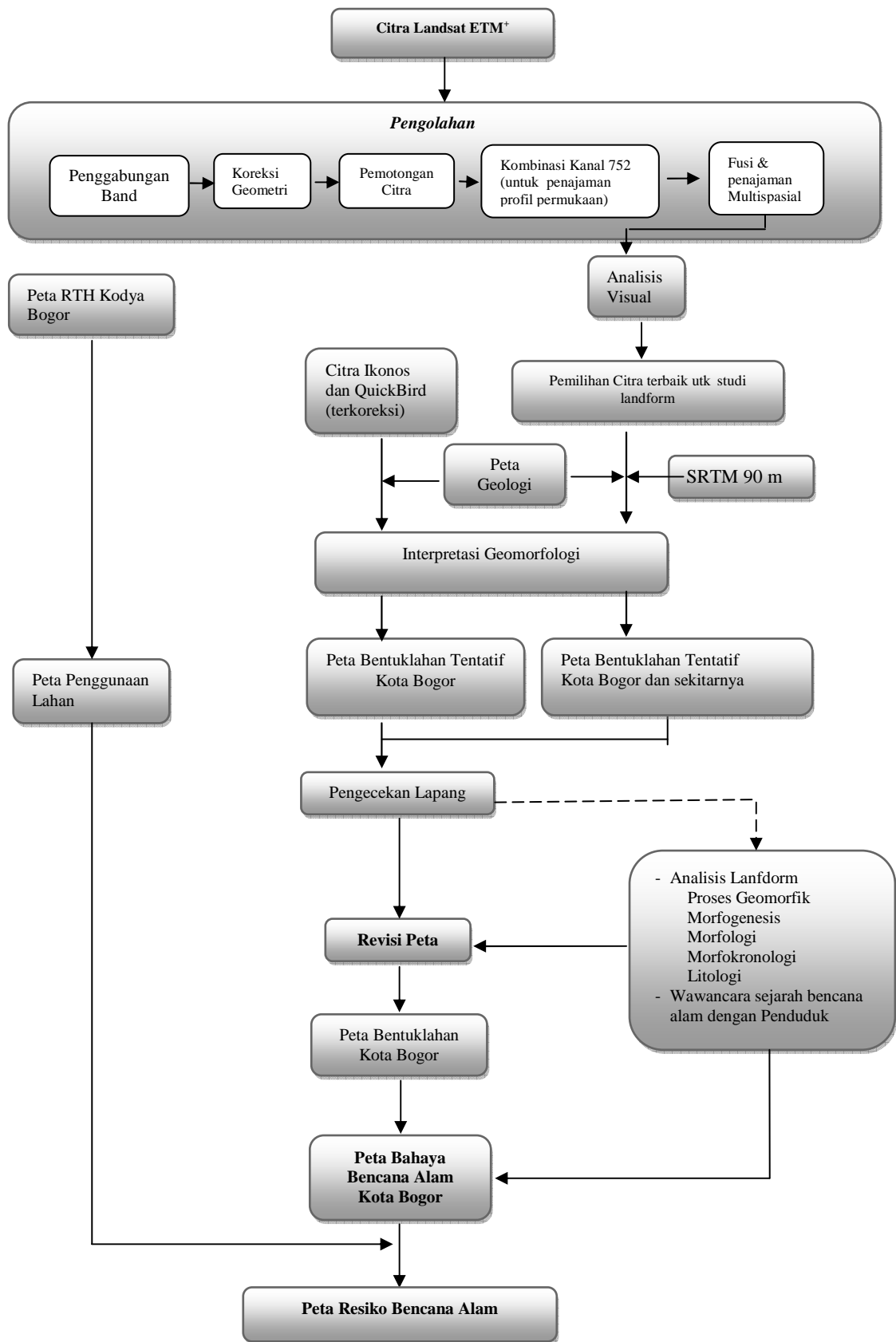
No.	Kelas Resiko	Interval	Keterangan
1	Resiko Tinggi	> 5004	Kawasan dengan potensi kerugian tinggi
2	Resiko Sedang	2502 – 5004	Kawasan dengan potensi kerugian sedang
3	Resiko Rendah	1 – 2501	Kawasan dengan potensi kerugian rendah
4	Tidak beresiko/aman	0	Kawasan yang tidak beresiko/aman terhadap bencana

*Sumber: Hasil Perumusan*

### 3.3.5 Tahap Penyajian Hasil

Seluruh rangkaian penelitian ini hasilnya ditulis dalam bentuk skripsi yang dilengkapi dengan grafik, peta-peta, foto-foto lapangan, dan data tabular lainnya.

Rangkaian dari seluruh penelitian ini secara grafis digambarkan dalam bentuk diagram alir seperti yang disajikan pada Gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

## IV. KONDISI UMUM DAERAH PENELITIAN

### 4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Kota Bogor yang merupakan salah satu Pemerintahan Kota yang ada di bawah Provinsi Jawa Barat. Secara geografis Kota Bogor dikelilingi oleh bentanglahan pegunungan, mulai dari Gunung Pancar, Gunung Megamendung, Gunung Gede, Gunung Pangrango, Gunung Salak dan Gunung Halimun. Secara spasial Kota Bogor berbatasan dengan wilayah-wilayah kecamatan lain dari Kabupaten Bogor, yaitu :

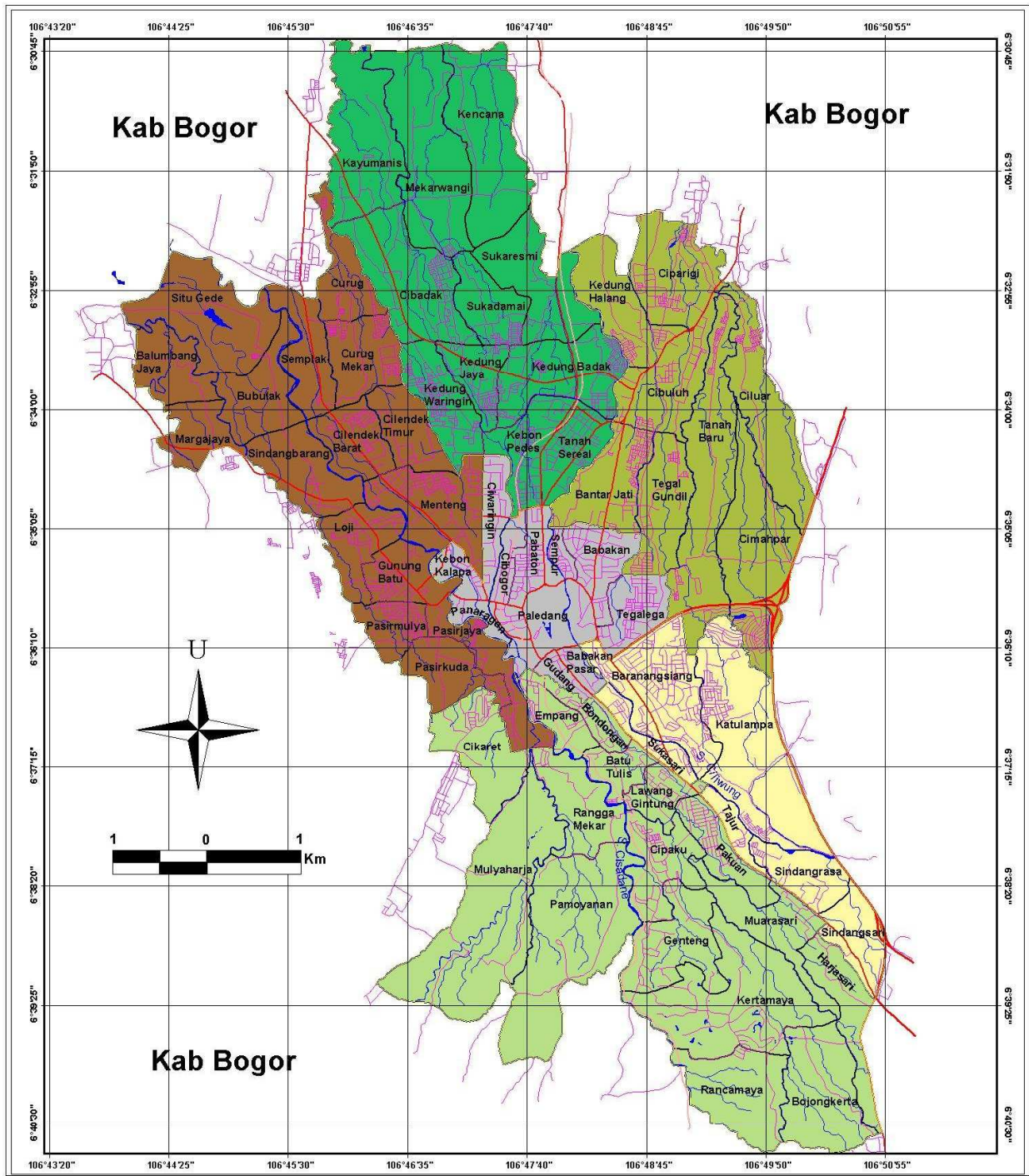
- Sebelah Utara : Kecamatan Kemang, Kecamatan Bojong Gede dan Kecamatan Sukaraja.
- Sebelah Barat : Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor dan Kecamatan Ciomas.
- Sebelah Timur : Kecamatan Sukaraja dan Kecamatan Ciawi.
- Sebelah Selatan : Kecamatan Cijeruk dan Kecamatan Caringin.

Berdasarkan data dari Biro Pusat Statistik Tahun 2006, Kota Bogor terdiri dari 6 (enam) kecamatan (Gambar 4.1), yaitu Bogor Utara, Bogor Timur, Bogor Selatan, Bogor Tengah, Bogor Barat, dan Tanah Sareal, serta dibagi menjadi 68 kelurahan dengan luas total wilayah sebesar 11.685 ha. Luas masing-masing kecamatan disajikan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1. Luas tiap kecamatan di Kota Bogor

<b>Kecamatan</b>	<b>Luas ( Hektar)</b>	<b>Persentase (%)</b>
Bogor Utara	1.892	16,19
Bogor Timur	1.055	9,03
Bogor Selatan	3.293	28,18
Bogor Tengah	781	6,68
Bogor Barat	2343	20,05
Tanah Sareal	2321	19,86
Total	11.685	100,00





## PETA BATAS ADMINISTRASI KOTA BOGOR

**Keterangan :**

- Jalan Tol Nasional
- Jalan Arteri/Utama
- Jalan Kolektor
- Jalan Lokal
- Jalan Kereta Api
- Sungai
- Batas Kelurahan
- Batas Kecamatan

**Kecamatan**

- Kecamatan Bogor Tengah
- Kecamatan Tanah Sereal
- Kecamatan Bogor Utara
- Kecamatan Bogor Timur
- Kecamatan Bogor Selatan
- Kecamatan Bogor Barat



**Sumber :**  
 - Peta Batas Administrasi Kota Bogor tahun 2005, BAPEDA Kota Bogor  
 - Peta Jalan Digital, Bakosurtanal  
 - Peta Sungai Digital, Bakosurtanal

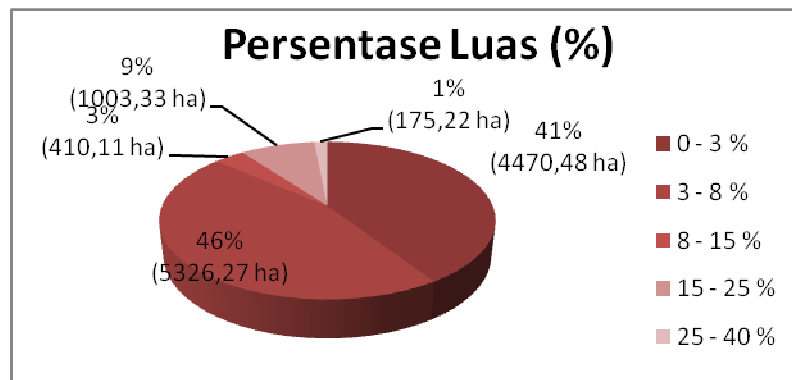
Gambar 4.1. Peta Admininstrasi Kota Bogor

## 4.2 Kondisi Fisik Geografis

### 4.2.1 Topografi

Berdasarkan kondisi topografinya, Kota Bogor terletak pada ketinggian antara 190 sampai dengan 350 meter di atas permukaan air laut dan memiliki relief yang bervariasi dari dataran hingga berbukit serta dialiri oleh dua sungai besar, yaitu Sungai Ciliwung dan Sungai Cisadane (Gambar 4.1). Secara umum, kemiringan lereng yang ada di Kota Bogor dapat dibagi menjadi 5 kelas, yaitu datar (0-3%), landai (3-8%), agak miring (8-15%), miring (15-25%), dan sangat miring (25-40%) (Gambar 4.2) dimana kemiringan lereng landai dan datar mendominasi daerah penelitian. Secara keruangan persebaran kemiringan lereng disajikan pada Gambar 4.3.

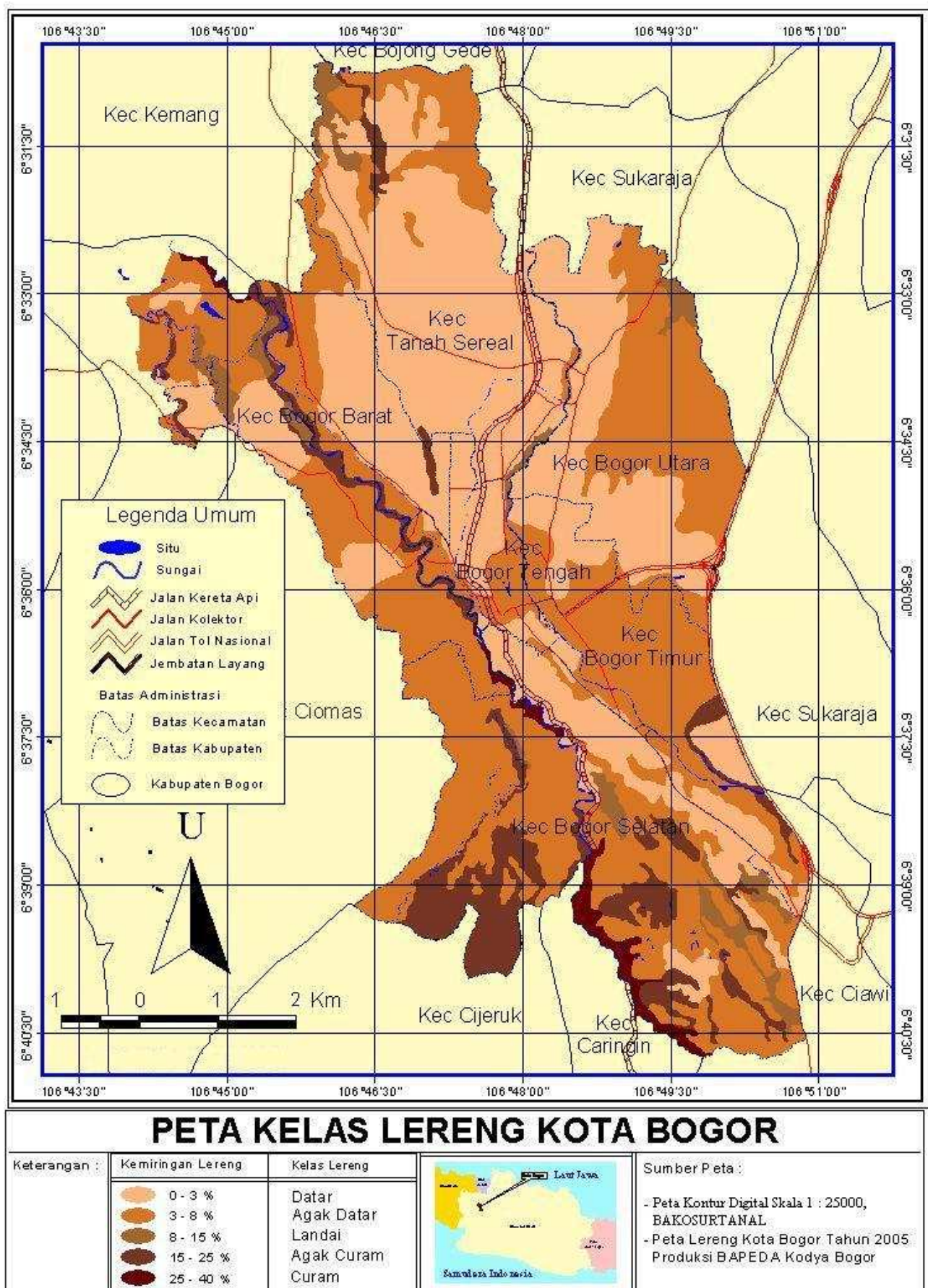
Gambar 4.2. Luas Kelas Lereng Kota Bogor



### 4.2.2. Iklim

Berdasarkan data BPS tahun 2006, Kota Bogor memiliki iklim tropis dengan suhu berkisar antara 22,92 °C hingga 31,75 °C. Kelembaban udara rata-rata bulanan berkisar antara 78% hingga 92%, dan tekanan udara berkisar antara 985,6 mb sampai dengan 993,7 mb.

Jumlah curah hujan rata-rata di wilayah Kota Bogor berkisar antara 3.000 sampai 4.000 mm/tahun, dimana hari hujan di Kota Bogor rata-rata sebanyak 10 hari per bulan. Curah hujan minimum terjadi pada bulan Juli sekitar 37 mm/hari, sedangkan curah hujan maksimum terjadi di bulan Januari sekitar 555 mm/hari. Menurut klasifikasi iklim dari Schmidt dan Ferguson, tipe iklim di Kota Bogor termasuk ke dalam tipe B, yaitu daerah basah dengan vegetasi hutan hujan tropika.



Gambar 4.3. Peta Kelas Lereng Kota Bogor.