

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⁺, Citra Ikonos, dan Citra Quick Bird.

Citra Landsat ETM⁺ 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⁺ 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.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IIPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IIPB.

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⁺ 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-

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

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

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang meminumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



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.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

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,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

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 = 60)		
Nama Bentuklahan	Skor	Nilai
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 = 40)		
Ketinggian	Skor	Nilai
< 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.

Kelas	Kelas Interval	Kriteria
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.

Kelas	Kelas Interval	Kriteria
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.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 3.9 Klasifikasi dan kelas interval bahaya longsor.

Kelas	Kelas Interval	Kriteria
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.

Kelas	Kelas Interval	Kriteria
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 40)		
Bentuklahan	Skor	Nilai
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 30)		
Ketinggian	Skor	Nilai
< 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 30)		
Jarak dari Kawah	Skor	Nilai
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

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

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.

Kelas	Kelas Interval	Kriteria
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.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

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 :

- = Resiko
- = Elemen resiko atau obyek yang terdapat di daerah bahaya
- = Kerentanan atau tingkat kemudahan suatu obyek terkena bahaya
- = 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

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

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.

Kelas	Nilai
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

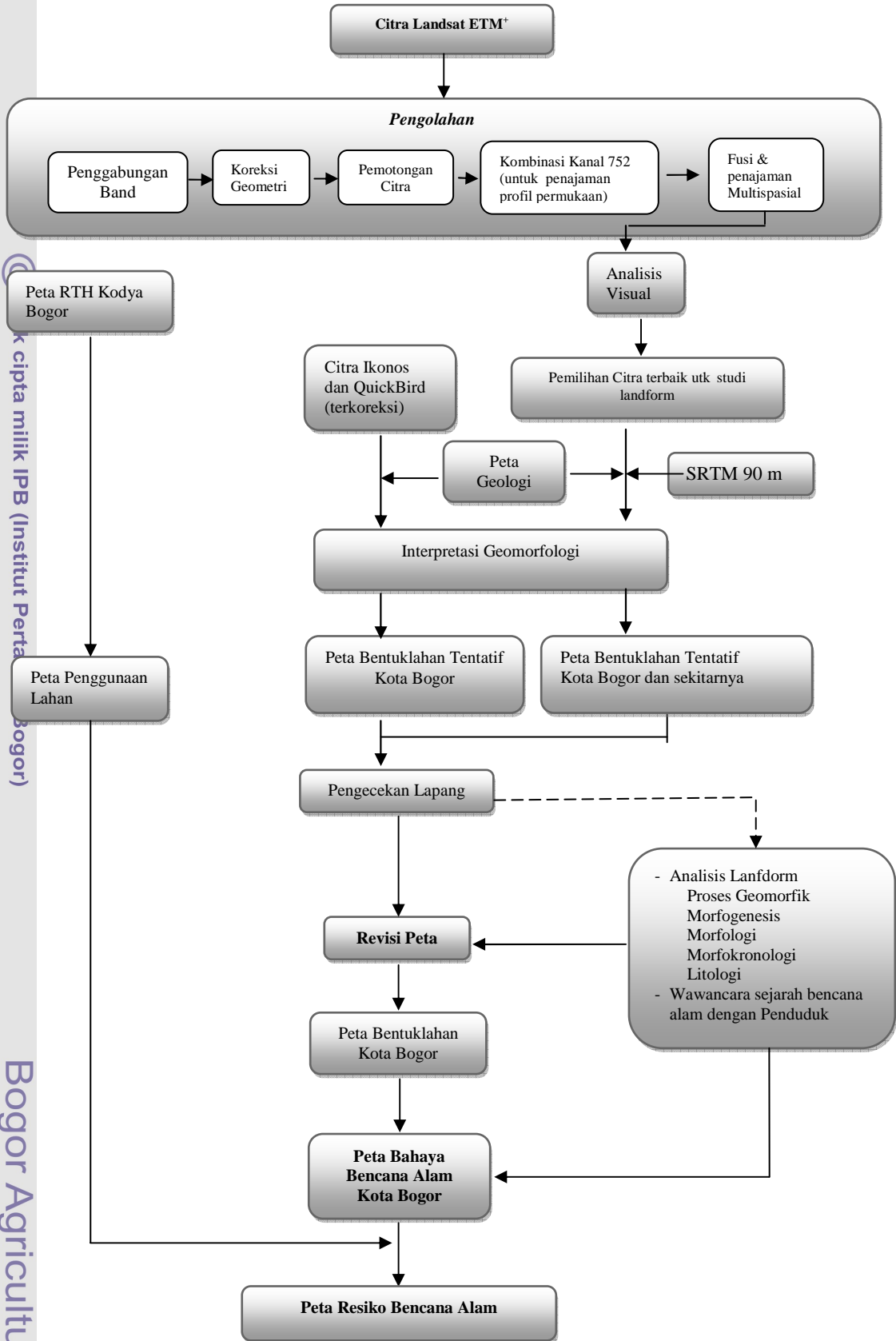
Sumber: Hasil Perumusan

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:

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian