

Estimasi Daerah Rentan Banjir Dengan Analisis Geomorfologi Dari Citra Landsat (Studi Kasus: Daerah Jakarta-Bogor-Tangerang-Bekasi)

Wikanti Asriningrum*)

ABSTRACT

Flood hazards which cause the biggest damage can be estimated its distribution area. Geomorphology analysis using Landsat imageries is supposed to estimate flood susceptibility area in Jakarta-Bogor-Tangerang-Bekasi. For that purpose classification of landform unit is needed. Landsat-TM data supported by geology and topography map were used. Landform classification by Voskuil was used to determine landform units, based on geomorphologic aspects. The results show that detail landform classification can describe flood susceptibility on each landform units. Further study for combining the results and others parameter is also suggested to get better identification.

RINGKASAN

Bencana banjir yang menyebabkan kerusakan terbesar dapat diestimasi daerah penyebarannya. Analisis geomorfologi menggunakan citra Landsat dimaksudkan untuk mengestimasi daerah rentan banjir di daerah Jakarta-Bogor-Tangerang-Bekasi. Guna mencapai tujuan tersebut diperlukan klasifikasi unit bentuklahan. Data yang digunakan adalah Landsat-TM didukung dengan peta geologi dan peta topografi. Klasifikasi bentuklahan oleh Voskuil digunakan untuk menentukan unit bentuklahan, berdasarkan aspek geomorfologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa klasifikasi bentuklahan detail dapat mengestimasi kerentanan banjir pada tiap-tiap unit bentuklahan. Penelitian selanjutnya untuk menggabungkan hasil penelitian ini dengan parameter lain disarankan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

1. PENDAHULUAN

Bencana alam banjir merupakan bencana yang sangat kompleks penyebabnya, yaitu dari kondisi alamnya dan segi pemanfaatan alam (faktor manusianya). Kerentanan suatu daerah terhadap bencana banjir yang disebabkan oleh faktor alam dapat dilakukan melalui analisis geomorfologis. Analisis geomorfologi didasari oleh beberapa aspek yang merupakan proses alam yang terjadi pada suatu lahan. Hasil analisisnya akan menentukan klasifikasi unit bentuklahan yang menunjukkan masing-masing karakteristik lahan. Hasil itu

dapat dipakai untuk estimasi daerah rentan banjir.

Salah satu upaya pemantauan adalah dengan memanfaatkan teknik penginderaan jauh. Ada beberapa parameter untuk studi banjir yang dapat diperoleh dari citra penginderaan jauh, yaitu geomorfologi (Zuidam, 1985), daerah banjir, perluasan genangan, kandungan kelembaban tanah, penutup/penggunaan lahan, model elevasi digital, dan curah hujan/liputan awan (Portman, Lullwitz & Mendel, 1995). Penelitian ini menggunakan salah satu parameter tersebut, yaitu geomorfologi.

*) Ajun Peneliti Muda, Bidang Lingkungan, Pusfatja, LAPAN

Analisis geomorfologi dimaksudkan untuk menentukan unit bentuklahan suatu daerah. Bentuklahan yang menjadi sasaran daerah banjir yaitu bentuklahan marin, fluvial dan fluviomarin. Daerahnya bertopografi cekung hingga datar dan umumnya daerah tersebut terletak di daerah dataran rendah. Hasil analisis geomorfologi berupa peta geomorfologi dengan klasifikasi unit bentuklahan. Masing-masing unit mempunyai karakteristik khusus, termasuk di dalamnya karakteristik terhadap potensi terjadinya banjir.

Pemanfaatan citra penginderaan jauh satelit untuk analisis geomorfologi, didasarkan pada alasan bahwa cakupannya luas. Hal itu memudahkan untuk analisis proses yang terjadi pada satuan bentang lahan suatu daerah tertentu. Penggunaan piranti lunak (*software*) pengolah citra dapat mengamati kondisi bentuklahan lebih detail, sehingga analisis geomorfologi untuk daerah yang luas dapat dilakukan lebih cepat.

Jakarta-Bogor-Tangerang-Bekasi dipilih sebagai daerah studi kasus, karena di Jakarta pada tahun 1996 terjadi banjir yaitu tanggal 6-8 Januari 1996 dan 10-11 Februari 1996. Banjir tersebut tercatat sebagai banjir terbesar sejak 20 tahun terakhir. Beberapa pengamat mengatakan banjir pertama merupakan banjir kiriman dari Bogor, yang mengakibatkan 10 orang tewas dan kerugian materi 39,4 milyar (Kompas, 9 Februari 1996). Banjir kedua disebabkan oleh hujan deras di Jakarta dengan curah hujan tertinggi tercatat 400 mm di Jakarta Selatan, yang mengakibatkan korban jiwa 20 orang dan kerugian materi mencapai trilyunan rupiah (Gatra, 2 Maret 1996).

Analisis geomorfologi dengan citra penginderaan jauh antara lain telah dilakukan di India dengan citra IRS LISS-I & II dan Landsat-TM, menghasilkan peta geomorfologi dan peta bencana banjir (Rao & Bhagavan, 1993). Di daerah yang berbeda juga dilakukan analisis geomorfologi oleh Prasad (1993) dan

Nossin, Voskuil & Dam (1996) dengan hasil peta geomorfologi dari citra Landsat-TM dan IRS LISS Nossin, Voskuil & Dam (1996) dengan citra SPOT melakukan analisis geomorfologi menghasilkan peta pandangan umum daerah Bandung.

Tujuan penelitian ini adalah mengestimasi daerah rentan banjir di Daerah Jakarta-Bogor-Tangerang-Bekasi dengan analisis geomorfologi dan klasifikasi unit bentuklahan menggunakan citra Landsat.

2. METODOLOGI

2.1. Data

Jenis data dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer berupa citra satelit penginderaan jauh, dan data sekunder yaitu peta geologi, peta topografi, peta distribusi banjir dan data historis banjir.

Citra satelit yang digunakan yaitu citra Landsat-TM tanggal 4 Juli 1994 kanal 2,3,4 dan 5, dengan kombinasi kanal 5,4,2 (*Red-Green-Blue*) dan kombinasi kanal 4,3,2 (*Red-Green-Blue*) yang menampilkan warna semu. Kombinasi data digital tersebut dan citra *hard copy* Landsat-TM, digunakan secara bersama-sama untuk analisis geomorfologi didukung dengan peta geologi dan topografi.

Data peta distribusi banjir dan data historis banjir digunakan untuk membuat peta distribusi genangan pada peta geomorfologi.

2.2. Metode

Metode yang dipakai pada penelitian ini ada dua yaitu metode pengolahan citra dan metode analisis geomorfologi. Untuk pengolahan citra menggunakan metode fusi multi spektral yaitu menggabungkan citra satelit beberapa kanal (5,4,2 dan 4,3,2). Untuk analisis geomorfologi menggunakan metode klasifikasi bentuk lahan (*terrain mapping unit*) yang dikembangkan oleh Meijerink, dkk (1987) dan diubah oleh Voskuil (1990).

Tahapan untuk mencapai tujuan penelitian adalah:

- a. Melakukan cropping citra untuk daerah penelitian
- b. Melakukan analisis geomorfologi dengan cara identifikasi dan deliniasi unit bentuklahan pada citra Landsat-TM *hard copy*.
- c. Digitasi unit bentuklahan pada citra Landsat-TM menggunakan *software* PCI.
- d. Membuat peta geomorfologi dari hasil digitasi klasifikasi unit bentuklahan, termasuk pewarnaan, simbol dan legenda.
- e. Membuat peta distribusi genangan pada unit bentuklahan. Disajikan dalam bentuk Peta Distribusi Genangan 1996, skala 1: 135.000.
- f. Melakukan analisis geomorfologi untuk estimasi daerah rentan banjir.

Diagram alir jalannya penelitian seperti pada Gambar 2-1.

3. LANDASAN TEORI

3.1. Konsep Geomorfologi

Konsep dan arti geomorfologi secara populer dan secara ilmiah sering terdapat perbedaan yang sangat berarti. Hal ini terbukti bahwa konsep dan arti geomorfologi dalam kamus besar bahasa Indonesia (populer) berarti ilmu tentang bentuk-bentuk permukaan bumi masa kini dan proses-proses yang mengakibatkan bentuk itu. Secara ilmiah yang didefinisikan oleh Zuidam (1985), studi geomorfologi adalah studi yang mendeskripsi bentuklahan dan proses yang mengakibatkan terbentuknya bentuklahan tersebut, dan menyelidiki hubungan timbal-balik dari bentuk-bentuk dan proses tersebut dalam susunan keruangan. Dalam studi ini konsep dan arti geomorfologi yang digunakan adalah konsep yang dikembangkan oleh Zuidam (1985).

Beberapa ahli membuat klasifikasi proses terbentuknya bentuklahan di permukaan bumi, seperti Verstappen (1968), Zuidam,

(1985), Meijerink, dkk. (1987), dan Voskuil (1990). Klasifikasi bentuklahan menurut Meijerink, dkk (1987) kemudian dikembangkan oleh Voskuil (1990). Voskuil membagi proses terbentuknya bentuklahan utama menjadi sembilan bentuklahan asli dan dua bentuklahan gabungan. Bentuklahan asli yaitu fluvial, lakustrin, marin, vulkanik, denudasional, struktural, karst, eolian, dan glasial. Bentuklahan gabungan yaitu fluvio-vulkanik dan denudasional-struktural.

Studi bencana alam melalui analisis geomorfologi sangat diperlukan karena tiap unit bentuklahan memiliki sifat/karakteristik khusus yang mengandung informasi fisik aktual dan potensial. Informasi fisik aktual adalah informasi fisik yang terkandung di dalam bentuklahan, sedangkan informasi fisik potensial adalah informasi yang diperkirakan akan dimiliki oleh suatu bentuklahan apabila karakteristik bentuklahan tersebut berinteraksi dengan faktor eksternal. Berdasarkan informasi fisik potensial, bencana alam tertentu seperti banjir, gerakan massa (seperti erosi dan tanah longsor) ataupun bahaya gunung berapi dapat diperkirakan penyebabnya dalam konteks ruang dan waktu. Unit bentuklahan yang berbeda, akan mempunyai kerentanan bencana alam berbeda.

3.2. Potensi Citra Landsat untuk Analisis Geomorfologi

Citra Landsat (*Land Satellite*) adalah salah satu citra satelit penginderaan jauh sumber daya alam. Landsat 4 dan 5 memuat sensor MSS (*Multispectral scanner*) dan TM (*Thematic Mapper*). Sensor MSS memiliki 4 kanal dengan resolusi spasial 79 meter, dan sensor TM memiliki 7 kanal dengan resolusi spasial 30 meter dan 120 meter khusus untuk kanal 6. Kanal citra Landsat mempunyai masing-masing panjang gelombang tertentu, sehingga tampilannya pun berbeda. Masing-

masing kanal dapat digabungkan baik dalam kombinasi warna semu maupun warna natural.

Citra Landsat dan citra satelit lainnya dapat diperoleh dalam bentuk cetakan (*hard copy*) atau digital. Citra satelit mengandung informasi ruang dua dimensi yaitu koordinat x dan y. Namun melalui proses mental, variasi nilai spektral akan membentuk data kontinu-semu sehingga memberikan kesan relief dan ketinggian. Kondisi itulah yang menyebabkan citra satelit tetap mempunyai manfaat besar dalam studi geomorfologi. Berdasarkan konsep tersebut analisis geomorfologi dilakukan melalui citra satelit penginderaan jauh.

4. ANALISIS UNTUK ESTIMASI DAERAH RENTAN BANJIR

4.1. Klasifikasi Unit Bentuklahan

Analisis geomorfologi di daerah Jakarta-Bogor-Tangerang-Bekasi didasarkan pada beberapa aspek utama yaitu: morfologi, morfogenesis, morfokronologi dan *morpho-arrangement*. Analisis morfologi memasukkan unsur morfografi, antara lain mengidentifikasi antara gunung, bukit dan dataran serta morfometri yaitu analisis kemiringan lereng dan ketinggiannya. Morfogenesis yaitu analisis proses geomorfologi dan geologi yang bekerja pada saat lampau dan saat sekarang. Morfokronologi yaitu analisis tentang hubungan antara berbagai bentuklahan dan prosesnya. *Morpho arrangement*, yaitu analisis susunan spasial dan korelasi dari berbagai bentuklahan dan prosesnya.

Pada analisis geomorfologi mula-mula dilakukan klasifikasi satuan bentuklahan asal yang utama. Di daerah penelitian terdapat lima bentuklahan utama yaitu marin, fluvial, vulkanik, karst dan struktural, dan satu bentuklahan gabungan fluvio-vulkanik. Dari masing-masing bentuklahan tersebut kemudian dilakukan klasifikasi detail, yaitu analisis geomorfologi lebih spesifik dengan memperhatikan

keempat aspek di atas. Hasil klasifikasi detail adalah:

- a. Bentukan asal marin diklasifikasi menjadi lima bentuklahan yaitu: mintakat gisik, cekungan, beting gisik, lagun, dan satu kompleks cekungan meliputi cekungan fluvio-marin, dataran banjir pantai, dan daerah rawa.
- b. Bentukan asal fluvial diklasifikasi menjadi lima bentuklahan yaitu: dataran fluvio-marin, satu kompleks alur sungai (meliputi alur sungai, dataran banjir, tanggul fluvial, dan rawa belakang), kipas aluvium aktif bawah, kipas aluvium aktif atas, dan kipas aluvium tidak aktif.
- c. Bentukan gabungan fluvio-vulkanik ada satu unit bentuklahan yaitu lereng fluvio-vulkan.
- d. Bentukan asal vulkanik diklasifikasi menjadi lima bentuklahan yaitu kerucut vulkan, lereng vulkan, lereng kaki vulkan, endapan lahar, dan skeleton vulkan.
- e. Bentukan asal karst ada satu unit bentuklahan yaitu bukit karst.
- f. Bentukan asal struktural diklasifikasi menjadi dua bentuklahan yaitu guguk struktural dan perbukitan struktural.

Klasifikasi unit bentuklahan di atas disajikan pada Peta Geomorfologi Daerah Jakarta-Bogor-Tangerang-Bekasi, skala 1: 650.000. (Gambar 4-1) Pewarnaan peta didasarkan pada sistem pewarnaan unit bentuklahan secara internasional yang dikemukakan oleh Zuidam (1985). Pemberian warna tiap unit bentukan asal adalah bentuklahan marin berwarna hijau, bentuklahan fluvial biru, bentuklahan vulkanik merah, bentuklahan karst oranye dan bentuklahan struktural ungu. Klasifikasi bentuklahan secara detail diberi gradasi warna sesuai ketentuan di atas.

Peta Geomorfologi dan Tabel 4-2, mencantumkan simbol bentuklahan. Simbol bentuklahan dibuat dengan mencantumkan huruf pertama bentukan asal dan diikuti dengan nama bentuklahan detail, misalnya FAau ber-

arti bentukan asal fluvial (F), dengan bentuklahan detail berupa kipas aluvium aktif (*Aa/alluvial fans*) berada di bagian atas (*u/upper*). Analisis morfologi berupa morfografi dan morfometri di daerah penelitian dilakukan dengan menggunakan klasifikasi kemiringan lereng oleh Sutikno (1996) yaitu dengan kemiringan 0 - > 40 % dengan kondisi topografi dari datar sampai sangat terjal (Tabel 4-1).

Analisis morfogenesis di daerah penelitian dilakukan untuk mengetahui material penyusun dan proses geomorfologi yang berlangsung pada setiap unit bentuklahan. Penentuan material penyusun tiap unit bentuklahan didukung oleh peta geologi, sedangkan penentuan proses geomorfologi didasarkan pada analisis morfogenesis. Gambaran bentang lahan daerah penelitian disajikan pada Citra Landsat-TM 5,4,2, Tanggal 4 Juli 1994, Daerah Jakarta-Bogor-Tangerang-Bekasi (Gambar 4-2)

Tabel 4-1: KELAS KEMIRINGAN LERENG

No	Lereng (%)	Lereng (X°)	Keterangan
1.	< 8	3,6	Datar (<i>flat</i>)
2.	8 - 15	3,6-6,8	Landai (<i>gentle</i>)
3.	15 - 25	6,8-11,3	Agak terjal (<i>slightly steep</i>)
4.	25 - 40	11,3-18,0	Terjal (<i>steep</i>)
5.	> 40	> 20	Sangat terjal (<i>very steep</i>)

Sumber: Sutikno, 1996

4.2. Estimasi Daerah Rentan Banjir

Analisis geomorfologi yang disajikan dalam bentuk tabel dan peta menunjukkan sifat/karakteristik khusus tiap-tiap unit bentuklahan di daerah penelitian. Karakteristik tersebut memberikan informasi fisik aktual dan potensial setiap unit bentuklahan. Estimasi daerah rentan banjir didasarkan pada informasi fisik potensial. Bentuklahan yang mempunyai potensi tinggi terjadi banjir adalah marin, fluvial atau gabungan keduanya. Untuk itu analisis lebih diarahkan pada bentuklahan rentan banjir yaitu marin dan fluvial.

Bentukan asal marin ada lima unit bentuklahan. Berdasarkan informasi fisik potensial tingkat kerentanan banjir di setiap bentuklahan adalah:

- Mintakat gisik (*beaches*): mengalami banjir secara reguler jika terjadi pasang naik, letaknya berdekatan dengan laut dan topografinya datar.
- Cekungan (*swales*): mengalami banjir dengan tingkat kerentanan jarang sampai sedang. Bentuklahan ini terbentuk oleh aktivitas gelombang laut dan topografinya datar. Bentuklahan ini banyak digunakan sebagai tambak.
- Beting gisik (*beach ridges*): secara relatif mempunyai tingkat kerentanan banjir rendah. Daerahnya berbentuk memanjang sepanjang pantai dan relatif lebih tinggi dibanding bentuklahan marin lainnya.
- Lagun (*lagoons*): bentuklahan ini sangat rentan banjir, bentuknya cekung dan datar, dan dipersiapkan sebagai tempat penampungan air.
- Cekungan fluvio-marin, dataran banjir pantai, dan daerah rawa (*fluvio-marine basins, marine flood plains, and marshy areas*): jarang mengalami banjir sampai mengalami banjir secara musiman. Bentuklahan ini terbentuk oleh aliran permukaan dan pasang air laut.

Bentukan asal fluvial ada lima unit bentuklahan, serta ada satu bentuklahan gabungan fluvio-vulkanik. Informasi fisik potensial tingkat kerentanan banjir di setiap bentuklahan adalah:

- Dataran fluvio-marin (*fluvio-marine basins*): tidak rentan terhadap banjir yang disebabkan oleh air laut, tapi karena daerahnya rendah bentuklahan ini sangat rentan terhadap banjir yang disebabkan oleh air hujan lokal atau kiriman.
- Alur sungai, dataran banjir, tanggul fluvial, dan rawa belakang (*riverbeds, flood plains, fluvial levees, and back swamps*): sangat

rentan terhadap banjir, yaitu akan terjadi banjir secara reguler atau musiman kecuali tanggul fluvial mempunyai kerentanan rendah. Bentuklahan ini terbentuk melalui proses aliran permukaan, penggenangan dan erosi.

- c. Kipas aluvium aktif bawah (*lower active alluvial fans*): mengalami banjir secara reguler. Bentuklahan ini terbentuk oleh aliran permukaan dan merupakan tempat pengendapan akumulasi fluvial.
- d. Kipas aluvium aktif atas (*upper active alluvial fans*): mengalami banjir secara reguler dengan tingkat kerentanan lebih rendah dibandingkan bentuklahan kipas aluvium aktif bawah.
- e. Kipas aluvium tidak aktif (*inactive alluvial fans*): jarang terjadi banjir. Bentuklahan ini terbentuk oleh aliran permukaan dan erosi lateral dan vertikal.
- f. Lereng fluvio-vulkan (*fluvio-volcanic slopes*): mempunyai kerentanan banjir sangat rendah. Banjir mungkin akan terjadi pada lereng-lereng fluvial dan sifatnya sesaat karena daerahnya relatif tinggi (Tabel 4-2).

Bentuklahan lain yang berada pada lahan bagian atas, kaitannya dengan bencana banjir adalah kemungkinan terjadinya erosi. Erosi biasanya terjadi menyertai banjir, materi hasil erosi dibawa oleh aliran permukaan dan diendapkan di daerah yang lebih rendah. Kondisi banjir semacam ini sering disebut banjir berlumpur. Perkiraan tingginya tingkat erosi dapat diketahui melalui jumlah torehan yang terdapat pada bentuklahan yang bersangkutan.

Berdasarkan karakteristik bentuklahan di atas, daerah penelitian dibagi menjadi tiga tingkat kerentanan banjir, seperti ditunjukkan pada Peta Kerentanan Banjir Daerah Jakarta-Bogor-Tangerang-Bekasi (Gambar 4-3).

Hasil tumpang susun antara peta geomorfologi dan distribusi genangan ditunjukkan pada Peta Distribusi Genangan 1996 Daerah Jakarta-Bogor-Tangerang-Bekasi skala 1: 135.000 (Gambar 4-4).

Peta tersebut menunjukkan distribusi genangan pada peristiwa banjir besar tanggal 6, 7, 8 Januari 1996 dan tanggal 10-11 Februari 1996. Distribusi genangan banjir bulan Januari 1996 menunjukkan pola penyebaran mengikuti pola alur sungai. Hal itu terjadi karena banjir disebabkan oleh banjir kiriman dari daerah atas atau hujan terjadi di daerah Puncak, sehingga limpasan permukaan akan bergerak mengikuti pola alur sungai. Distribusi genangan banjir bulan Februari 1996 tampak menyebar pada beberapa bentuklahan marin dan fluvial. Banjir kali ini disebabkan oleh hujan deras di daerah setempat (Jakarta), sehingga air akan menggenang di daerah-daerah cekung dan rendah yang secara geomorfologis memang rentan terhadap banjir.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Estimasi daerah rentan banjir melalui analisis geomorfologi dari citra Landsat dapat dilakukan sampai tingkat detail. Tingkat kerentanan banjir tiap-tiap unit bentuklahan dideskripsikan berdasarkan informasi fisik potensial. Bentuklahan fluvial dan marin yang secara geomorfologis merupakan daerah rentan banjir dapat ditentukan karakteristiknya.

Di daerah penelitian secara geomorfologis dibedakan menjadi tiga tingkat kerentanan banjir, yaitu sangat rentan, rentan, dan tidak rentan.

Dalam memanfaatkan teknik penginderaan jauh, digunakan karakteristik citra seperti warna, tekstur, ukuran, pola, dan asosiasi. Pemahaman yang lebih baik terhadap aspek geomorfologi dan faktor penyebab banjir di daerah penelitian akan memberikan hasil yang lebih baik pula.

Hasil penelitian ini merupakan salah satu parameter estimasi daerah rentan banjir. Oleh karenanya disarankan ada penelitian lebih lanjut untuk menggabungkan dengan parameter lain, yang selanjutnya dianalisis dengan sistem informasi geografi.

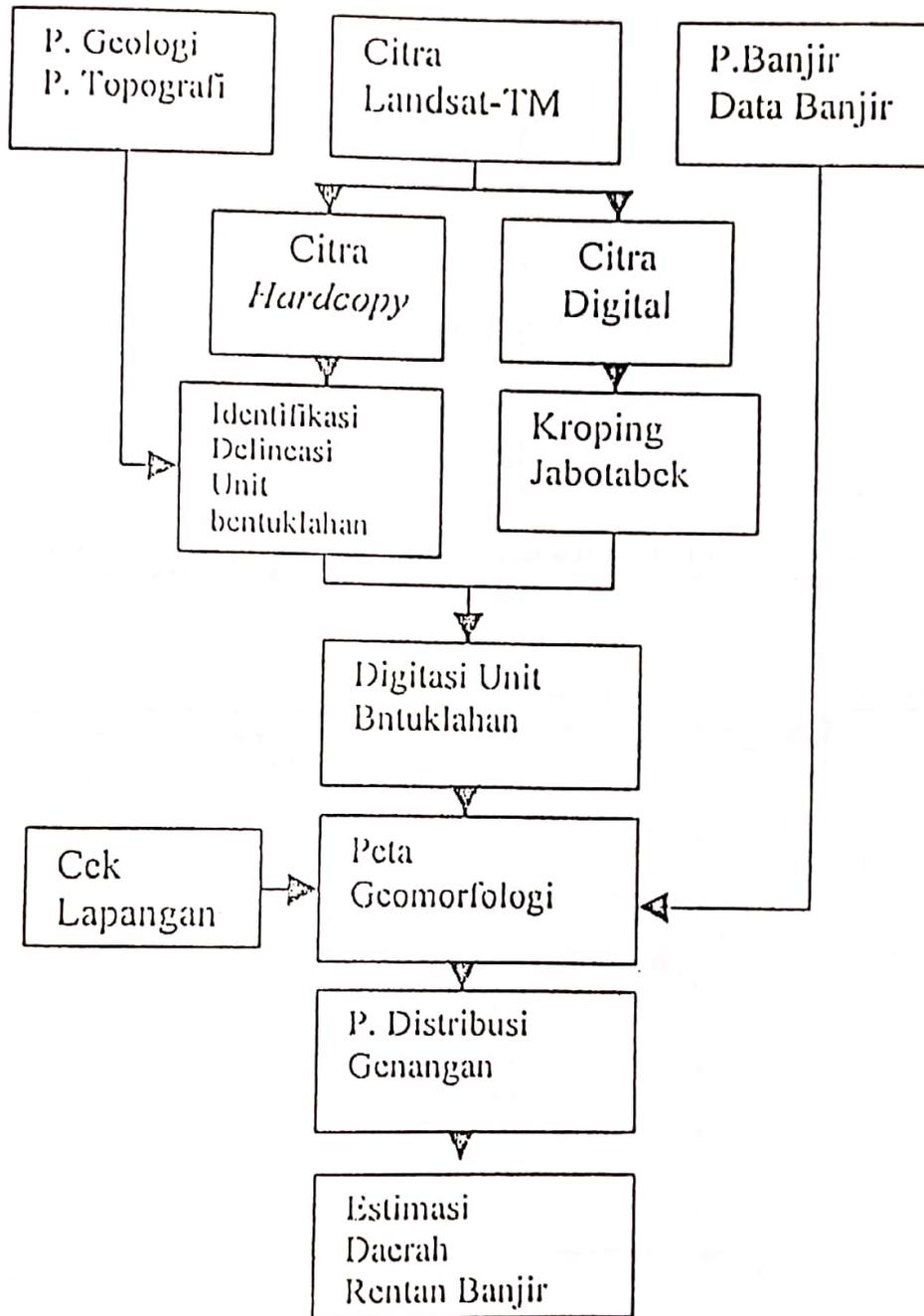
DAFTAR PUSTAKA

1. Gatra, 2 Maret 1996.
2. Kingma, N.C. 1991. *Natural Hazards: Geomorphological Aspect of Flood Hazard*. ITC. The Netherlands.
3. Kompas, 9 Februari 1996.
4. Nossin J.J., P.G.A. Voskuil & R.M.C. Dam. 1996. *Geomorphologic Development of The Sunda Volcanic Complex, West Java, Indonesia*. *ITC Journal*. 1996-2. 157-165.
5. Pandey Gayatri Prasad. 1993. *Application of Landsat Imagery in Terrain Analysis of Mahanadi Basin for rational Landuse Planning*. *International Journal of Remote Sensing*. Vol: 14. No: 17, 3157-3161.
6. Portman, F., Lullwitz, T. & Mendel, H.G. 1995. *Studies of Runoff Processes by The Use of Remotely Sensed Data*. First ERS Thematic Working Group Meeting on Flood Monitoring. Frascati. ESRIN.
7. Rajiv, Chopra & Sharma, P.K. 1993. *Landform Analysis and Ground Water Potential in The Bist Doab Area, Punjab, India*. *International Journal Remote Sensing*. 14 (17), 3221-3229
8. Rao, M.V. & Bhagavan, S.V.B.K. 1993. *Geomorphological Studies for Disaster Mitigation-A Case study of The Krishna Delta, Andhra Pradesh, India*. *International Journal of Remote Sensing*. 14 (17), 3269-3274.
9. Sutikno. 1996. *Geomorphology of Yogyakarta Area and Its Surrounding Proposed as A Geomorphological Field Laboratory*. *The Indonesian Journal of Geography*. 28 (71), 1-10.
10. Van Zuidam R.A. 1985. *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. ITC. Smits. The Hague. The Netherlands.
11. Voskuil, R.P.G.A. 1990. *Introduction to Terrain Analysis*. ITC. The Netherlands.

Tabel 4-2: SATUAN BENTUKLAHAN DAERAH JAKARTA-BOGOR-TANGERANG-BEKASI

Simbol	Bentuklahan	Topografi	Material Penyusun	Proses Geomorfologi	Karakteristik Umum
MB	Mintakat Gisik (<i>beaches</i>)	< 8% Datar	Lempung, lanau, pasir, kerikil, dan bongkah	Aktivitas gelombang laut	Banjir reguler saat pasang naik
MS	Cekungan (<i>swales</i>)	< 8% Datar	Pasir halus-kasar, fosil moluska	Aktivitas gelombang laut	Banjir jarang-sedang
MBr	Beting Gisik (<i>beach ridges</i>)	<8%-15% Datar-landai	Endapan pematang pantai, pasir halus-kasar & moluska	Aktivitas gelombang laut	Berbentuk memanjang pantai
ML	Lagun (<i>Lagoons</i>)	< 8% Datar		Aktivitas gelombang laut	Cekungan yang terisi air
MM	Cekungan Fluvio-marin, dataran banjir pantai, darerah rawa (<i>fluvio-marine basins, marine flood plains, marshy areas</i>)	< 8% Datar	Aluvium dan endapan pantai	Aliran permukaan dan pasang air laut	Banjir jarang-musiman
FB	Dataran Fluvio-marin (<i>fluvio-marine basins</i>)	< 8% Datar	Kerikil, kerakal, pasir & bongkah	Aliran permukaan	Tidak banjir oleh air laut
FR	Alur sungai, dataran banjir tanggul fluvial rawa belakang (<i>riverbeds, flood plains, fluvial levees, backswamps</i>)	< 8%-15% Datar-landai	Pasir kasar-halus	Aliran permukaan, penggenangan dan erosi	Banjir reguler/musiman
FAal	Kipas Aluvium Aktif Bawah (<i>lower active alluvial fans</i>)	< 8% Datar	Lempung, pasir, kerikil dan kerakal	Aliran permukaan	Banjir reguler & tempat akumulasi fluvial
FAau	Kipas Aluvium Aktif Atas (<i>upper active alluvial fans</i>)	<8 %-15% Datar-landai	Lempung, pasir, kerikil dan kerakal	Aliran permukaan	Banjir reguler & tempat akumulasi fluvial
FAi	Kipas Aluvium tidak aktif (<i>inactive alluvial fans</i>)	<8%-25% Landai-agak terjal	Pasir kasar-halus	Aliran permukaan & erosi lateral-vertikal	Banjir jarang
FVs	Lereng Fluvio-vulkan (<i>fluvio-volcanic slopes</i>)	15%-25% Agak terjal	Endapan lahar dan lava	Aliran permukaan, erosi	Torehan jarang-sedang
VC	Kerucut Vulkan (<i>volcanic cones</i>)	> 40% Sangat terjal	Lava andesit dengan piroksin	Erosi dan pelapukan	Torehan banyak
VS	Lereng Vulkan (<i>volcanic slopes</i>)	25%-40% Terjal	Lahar breksi, tufaan dan lapili	Erosi dan pelapukan	Torehan banyak
VF _s	Lereng Kaki Vulkan (<i>volcanic footslopes</i>)	15%-40% Agakterjal – terjal	Lahar breksi, tufaan dan lapili	Erosi dan pelapukan	Torehan jarang-sedang
VL	Endapan Lahar (<i>lahar fields</i>)	25%- 40% Terjal	Aliran lahar	Erosi dan pelapukan	Torehan jarang-sedang
VSk	Skeleton vulkan (<i>volcanic skeletons</i>)	> 40% Sangat terjal	Breksi dan aliran lava tua	Erosi dan pelapukan	Torehan sedang-banyak
KH	Bukit Karst (<i>karst hills</i>)	25%- 40% Terjal	Batugamping terumbu padat	Pelarutan	Permukaan tidak teratur
SR	Guguk Struktural (<i>structural ridges</i>)	> 40 % Sangat terjal	Pasir, tufa batu apung, napal, gam ping, lempung	Erosi dan pelapukan	Torehan jarang-sedang
SH	Perbukitan Struktural (<i>structural hills</i>)	25%- 40% Terjal	Formasi Jatiluhur (napal, serpihan lempung)	Pelapukan dan erosi	Torehan sedang

Sumber: Hasil Analisis Geomorfologi Citra Landsat 4 Juli 1994.



Gambar 2.1.: DIAGRAM ALIR TAHAPAN KEGIATAN PENELITIAN

