

PEMETAAN EKOSISTEM DI WILAYAH GUNUNG BROMO DENGAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH

Bangun Muljo Sukojo

Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60111, Indonesia

E-mail: bangunms@radnet.id

Abstrak

Dalam penelitian ini telah dilakukan analisis penutupan lahan dari citra *Landsat* untuk memperoleh tipe-tipe ekosistem wilayah Gunung Bromo dan memetakannya sehingga menghasilkan peta ekosistem dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Terdapat sembilan tipe ekosistem yang terdapat di wilayah gunung Bromo, meliputi ekosistem hutan primer, hutan sekunder, danau, kawah, laut pasir, lahan terbuka, semak belukar, tegalan dan pemukiman. Analisis penyebaran batuan juga dilakukan dengan membandingkan hasil interpretasi citra manual dengan peta geologi. Hasil analisis tersebut dikorelasikan dengan hasil interpretasi digital untuk menghasilkan peta penyebaran batuan yang dapat memberikan informasi tentang potensi penyerapan air di wilayah gunung Bromo. Korelasi hasil tersebut dengan parameter kemiringan lereng, vegetasi penutup lahan dan curah hujan memberikan peta potensi resapan air tanah mutlak dan resapan penyanga di kawasan gunung Bromo dan sekitarnya.

Abstract

Mapping of Ecosystems in Mount Bromo Using Remote Sensing Technology. Covered land analyses of Landsat image have been done to get ecosystem types and map in Mount Bromo region using remote sensing technology. There are nine types of ecosystems in Mount Bromo region, i.e. primary forest, secondary forest, lake, crater, sands, uncovered land, underbrush, dry-field and residence. Distribution of rock analysis has also been done by comparing the manual image interpretation with geological map. The results were coorelated with the digital image interpretation to find rock distribution map which can be useful to get the information about water reservation potencial in Mount Bromo region. The coorelation results together with slope, covered vegetation and rain falls can give description about absolute water reservation and buffer zone map in Mount Bromo region.

Keywords: Mapping, water reservation, buffer zone, remote sensing technology

1. Pendahuluan

Karakteristik suatu areal dari sudut ekosistem lebih ditentukan oleh vegetasi yang tumbuh di atasnya, oleh karena itu mengetahui kondisi penutupan dan penyebaran vegetasi di atas lahan dapat membantu dalam penentuan tipe vegetasi suatu areal dan penentuan zonasi untuk kepentingan pengelolaan lahan.

Perkembangan dan kemajuan ekonomi pada masyarakat mengakibatkan perubahan tata guna lahan sehingga kawasan resapan berubah menjadi kawasan pemukiman dan industri. Perubahan tersebut dapat mengakibatkan menurunnya kemampuan tanah untuk meresapkan air. Penurunan daya resap tanah terhadap air dapat juga terjadi karena hilangnya vegetasi penutup tanah (terbukanya tanah akibat kurang lebatnya vegetasi).

Akibat dari penurunan daya resap tanah terhadap air ini berakibat pada penurunan volume air tanah yang meresap dan meningkatkan air larian (*surface runoff*), sehingga mempercepat terjadinya erosi dan dapat menyebabkan keruntuhan lereng (*shallow slides*). Air larian akan mengalir terus ke daerah yang lebih rendah (sungai, danau, laut) yang dapat mengakibatkan banjir dan longsor. Untuk menyikapi banyaknya gejala proses alam kebumihan yang terjadi dengan cepat dan dalam jumlah volume air yang besar, maka sudah selayaknya perlu ditinjau ulang regulasi dan alokasi kawasan alam pegunungan yang ada.

Pengembangan kawasan pegunungan belum secara optimal memanfaatkan kajian dan analisis geologi kawasan resapan air tanah sebagai dasar penyusunan strategi. Inventarisasi, pemetaan dan analisis kawasan

resapan air tanah serta kajian geologinya perlu segera dilaksanakan agar dapat digunakan sebagai acuan dalam penyusunan Rencana Penataan Wilayah Pariwisata. Teknologi penginderaan jauh (inderaja) dapat dimanfaatkan dalam menganalisis kawasan resapan air tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tutupan lahan di wilayah gunung Bromo meliputi vegetasi, lahan terbuka dan tutupan permukaan air. Analisis terhadap tutupan lahan dapat digunakan untuk pemetaan ekosistem dan sebaran batuan yang mampu meresapkan air, batas (deliniasi) kawasan resapan mutlak, kawasan resapan penyangga (*buffer zone*) wilayah gunung Bromo dengan menggunakan sarana citra satelit penginderaan jauh. Daerah yang menjadi obyek penelitian adalah wilayah gunung Bromo dan sekitarnya.

2. Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder dan data primer. Data primer yang digunakan adalah data hasil *survey* lapangan, sedangkan data sekundernya antara lain citra *Landsat TM* yang terdiri dari *band* 1, 2, 3, 4, 5, dan 7, peta topografi propinsi Jawa Timur skala 1 : 250.000 dan 1 : 50.000, peta taman nasional Bromo Tengger Semeru skala 1 : 50.000.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras yang digunakan meliputi komputer *Pentium 200 MMX* dengan sistem operasi *Windows*, printer jenis *Laserjet*, dan peralatan *GPS (Global Positioning System)* jenis navigasi. Program pengolahan citra *DIMPLE 3.0 for Windows* dan program *ArcView GIS* versi 3.1 merupakan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini.

Tahap pelaksanaan kegiatan penelitian secara garis besar meliputi pengadaan citra *Landsat*, pengumpulan data primer/sekunder, studi pustaka, interpretasi data penginderaan jauh. Pengolahan citra dimaksudkan sebagai langkah-langkah persiapan agar citra dapat digunakan dalam analisis untuk menyusun peta ekosistem. Langkah-langkah dalam pengolahan citra terdiri dari perbaikan kontras citra, koreksi geometrik dan penyusunan citra komposit.

Proses perbaikan kontras dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Dimple 3.0*. Beberapa metode dapat digunakan untuk memperbaiki kontras citra, yaitu: metoda linier, *gaussian*, *equalization* dan eksponensial. Pemilihan metoda dilakukan secara *try-and-error* untuk masing-masing *band* dalam citra multi-kanal. Metode yang dipilih

adalah metode yang memberikan tampilan visual terbaik.

Koreksi geometrik merupakan prosedur untuk memberikan koordinat pada citra dengan koordinat geografis yang lazim (*geo-referencing*). Koreksi geometrik dilakukan dalam 2 langkah, yaitu penyusunan model matematis yang diperlukan untuk transformasi citra dan transformasi citra ke dalam sistem koordinat baru yang bereferensi geografis. Proses transformasi ini disebut sebagai *resampling*.

Penyusunan model matematis yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metoda *ground control point* (GCP) dengan model kuadrat. Dalam metoda ini digunakan peta topografi sebagai referensi titik-titik yang akan digunakan sebagai dasar penyusunan model.

Penyusunan citra komposit dilakukan dengan metode interpretasi litologi secara visual dilakukan dengan teknik *filtering*, transformasi indek vegetasi dan analisa komponen utama serta pembuatan citra komposit.

Interpretasi geologi dilakukan untuk interpretasi kenampakan pada citra, seperti, rona, tekstur, pola, ukuran, asosiasi disamping itu ditunjang oleh analisis bentuk lahan, analisis pola pengaliran dan vegetasi.

Citra komposit berwarna yang dibentuk dalam penelitian ini terdiri dari komposit warna sebenarnya (*true color composite*) dibentuk *band* 3 (R), *band* 2 (G), *band* 1 (B) dan komposit berwarna semu (*false color composite*), yaitu menggunakan *band* 5, 4, 3 yang disusun dalam *band* 5 (R), *band* 4 (G), *band* 3 (B), menggunakan *band* 7, 5, 4 yang disusun dalam *band* 7 (R), *band* 5 (G), *band* 4 (B), menggunakan *band* hasil transformasi *PCA (Principal Component Analysis)* yang disusun dalam PC-2 (R), PC-1 (G), PC-3 (B)

Penyusunan citra komposit berwarna dilakukan dengan perangkat lunak *Dimple 3.0*. Citra yang dihasilkan masing-masing disimpan dalam *file* tersendiri dalam format *GeoTIFF*. Format ini dipilih agar citra yang dihasilkan dapat digunakan untuk keperluan analisis lebih lanjut menggunakan perangkat lunak lain (*ArcVIEW*) dengan tetap mempertahankan data koordinatnya pada *header file*.

Interpretasi citra dilakukan untuk pengenalan obyek yang tergambar pada citra. Ada tiga rangkaian kegiatan yang diperlukan, yakni deteksi, identifikasi dan analisis. Deteksi berarti penentuan ada atau tidak adanya sesuatu obyek pada citra, yang merupakan tahap awal dalam interpretasi citra. Keterangan yang diperoleh dari tahap deteksi bersifat global, dan pada tahap identifikasi bersifat setengah rinci, sedangkan pada tahap analisis sudah bersifat rinci.

Interpretasi citra secara digital (klasifikasi) merupakan evaluasi kuantitatif tentang informasi spektral yang disajikan pada citra. Klasifikasi citra merupakan suatu proses yang dilakukan untuk mengelompokkan suatu obyek pada citra dengan cara mengidentifikasi kenampakan obyek tersebut pada citra. Dasar interpretasi citra digital berupa klasifikasi *pixel* berdasarkan nilai spektralnya. Setiap klasifikasi kelompok *pixel* dicari kaitannya terhadap objek atau gejala di permukaan bumi. Klasifikasi citra yang dilakukan dalam penelitian ini adalah klasifikasi terbimbing (*supervised classification*)

Penelitian ini menggunakan metode *logical search* untuk melakukan pengamatan terhadap citra secara menyeluruh dan pengambilan data secara selektif yang masih relevan terhadap tujuan interpretasi [1].

Peta *vector* disiapkan melalui proses deliniasi peta pada citra komposit *RGB 321*. Proses deliniasi ini dimaksudkan untuk memisahkan setiap jenis ekosistem yang ada pada areal penelitian. Hasil deliniasi pada citra komposit *RGB 321* di-*overlay*-kan dengan citra komposit *RGB 543* untuk memeriksa kebenaran deliniasi pada citra komposit 321. Hasil pemeriksaan ini menghasilkan perbaikan deliniasi jenis-jenis ekosistem yang telah dibuat pada citra *RGB 321* tersebut. Proses ini diulangi lagi dengan meng-*overlay*-kan deliniasi hasil perbaikan tersebut dengan citra komposit 754 dan kemudian di-*overlay*-kan lagi hasil perbaikannya dengan citra komposit *PCA* untuk mendapat hasil deliniasi yang semakin baik. Proses deliniasi tersebut dilaksanakan dan diulangi terus menerus hingga diperoleh hasil deliniasi yang paling baik. Proses ini dilakukan menggunakan perangkat lunak *ArcView* dengan bantuan alat *mouse*. Selanjutnya dilakukan penentuan jenis dan ID dari tiap-tiap obyek yang telah dideliniasi.

Kegiatan pemeriksaan lapangan (*ground truth*) dan survei lapangan diperlukan setelah proses klasifikasi. Pemeriksaan dilakukan terhadap penampakan objek yang ada dan dibandingkan dengan hasil klasifikasi (posisi dan kondisi fisik). Pemeriksaan (*ground control*) koordinat objek dilakukan dengan menggunakan alat GPS tipe navigasi. Pada kegiatan ini juga dilakukan pengambilan sampel yang selanjutnya dianalisis di laboratorium.

3. Hasil Dan Pembahasan

Untuk mendapatkan peta ekosistem wilayah gunung Bromo, dilakukan *overlay* antar peta vektor hasil deliniasi pada citra komposit *RGB 321*, citra komposit *RGB 543*, citra komposit *RGB 754* dan citra komposit *RGB PCA*, sehingga menghasilkan peta ekosistem. Hasil ini dikonfirmasi ke lapangan untuk memperoleh tipe-tipe ekosistemnya. Hasil *ground truth* ini

kemudian diaplikasikan ke dalam peta ekosistem gunung Bromo.

Dari hasil tumpang susun (*overlay*) tersebut di atas ditetapkan tipe ekosistem utama dengan penutupan permukaan lahan oleh *polygon-polygon* hasil deliniasi tersebut mendominasi kenampakan warna yang relatif seragam pada saat interpretasi citra. Macam-macam tipe ekosistem utama adalah tipe ekosistem hutan primer, hutan sekunder, laut pasir, danau, lahan terbuka, pemukiman, semak belukar, dan tegalan.

Ekosistem hutan primer merupakan ekosistem yang secara fisik belum terganggu, atau hanya sedikit yang terganggu oleh aktivitas manusia. Ciri umum ekosistem hutan primer adalah tidak terpengaruh oleh musim, memiliki keanekaragaman spesies hewan dan tumbuhan yang sangat tinggi, strukturnya sangat kompleks dan relatif stabil [2].

Ekosistem hutan sekunder muda mudah dibedakan dari ekosistem hutan primer dengan terdapatnya komposisi spesies dan struktur. Walaupun demikian sulit membedakan antara hutan sekunder tua dan hutan primer sejati [2].

Ekosistem laut pasir dideskripsikan mirip dengan ekosistem gurun. Tumbuhan herba berkembang saat curah hujan cukup, memiliki daun yang kecil dan seringkali tertutup bulu seperti tumbuhan herba di gurun. Bagian terbesar tumbuhan adalah *efemeral*, yang menyelesaikan daur hidupnya dalam waktu yang sangat singkat, dalam jangka waktu satu bulan atau kurang. Herba yang tidak *efemeral* kebanyakan berupa *perennial* akar yang selamat dari musim kering dalam bentuk umbi [2].

Ekosistem danau dapat dibagi menjadi tiga zona yaitu zona litoral, zona limnetik dan zona profundal. Danau adalah bentuk geologi sementara yang terbentuk karena bencana alam, menjadi “dewasa” dan “mati” dengan tenang dan perlahan-lahan. Danau lahir akibat bencana alam pada zaman es atau periode aktivitas tektonik dan vulkanik yang intensif. Danau di daerah tropika mempunyai suhu permukaan yang tinggi (20-30°C) dan memperlihatkan penurunan suhu yang kecil dengan bertambahnya kedalaman.

Ekosistem lahan terbuka adalah ekosistem lahan akibat perambahan dan aktivitas manusia atau akibat alam. Komunitas vegetasi pegunungan (*subalpine*) tropis pada ketinggian di atas 2500 meter berupa pohon kerdil dan ditumbuhi lumut kerak.

Ekosistem pemukiman adalah ekosistem tempat manusia hidup dan bermukim. Ekosistem semak belukar meliputi savana yang merupakan daerah peralihan antara hutan dan padang rumput. Savana terjadi karena

keadaan tanah dan atau kebakaran yang berulang dan bukan disebabkan oleh keadaan iklim [3]. Vegetasinya harus tahan terhadap kekeringan dan kebakaran, jumlah jenis dalam vegetasinya tidak besar. Rumput-rumput yang termasuk ke dalam genera *panicum*, *penisetum*, *andropogon*, dan *imperata* merupakan penutup yang dominan, sedangkan pohon-pohon yang tersebar memiliki jenis yang berbeda dari jenis pohon-pohon di hutan.

Ekosistem tegalan merupakan daerah pengelolaan pertanian. Sumber daya yang merupakan basis ekosistem ini adalah lahan basah dan lahan kering. Eksplorasi sumber daya ini dapat menimbulkan kerusakan lingkungan yang dapat berakibat lingkungan tersebut menjadi kurang atau tidak berfungsi lagi. Ekosistem tegalan ini mencakup kebun campuran, tegalan dan bentuk pertanian lainnya yang umumnya berada di sekitar taman nasional.

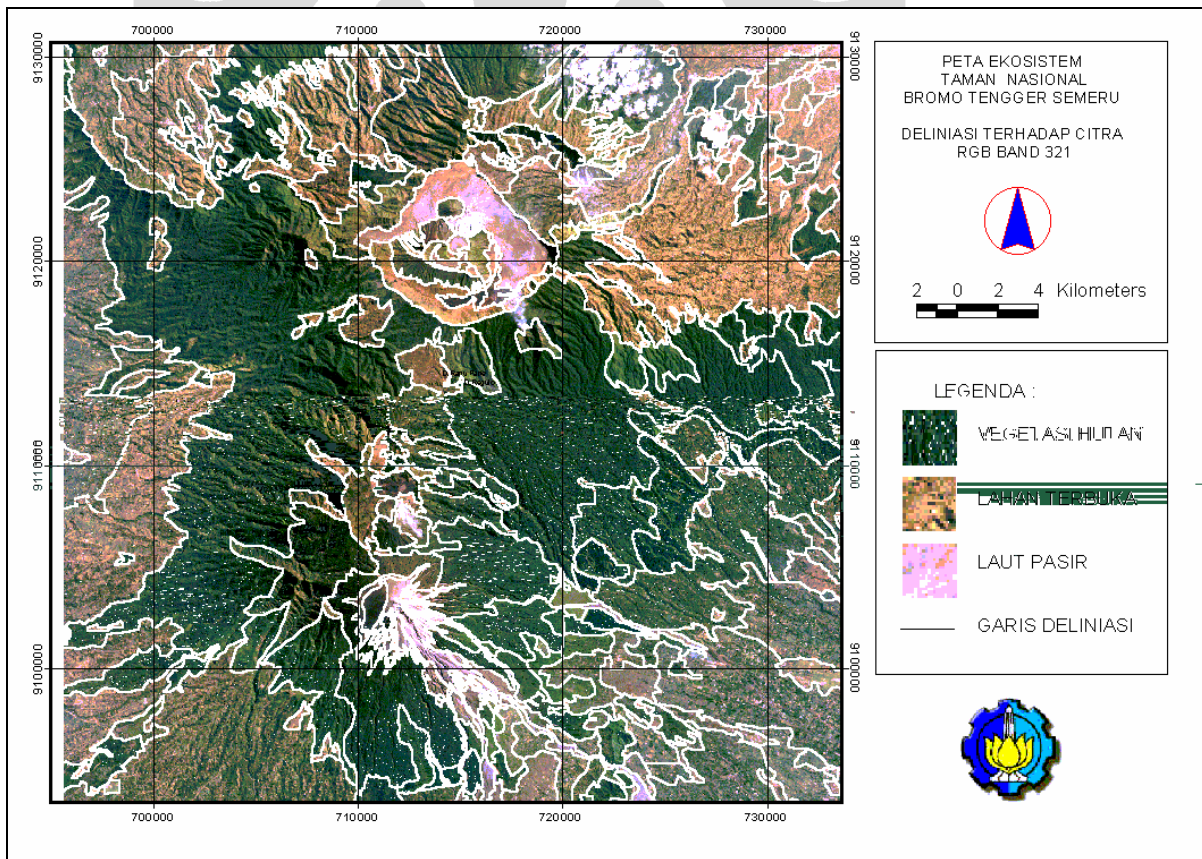
Walau ekosistem kawah masih menimbulkan keraguan untuk ditetapkan sebagai suatu ekosistem karena informasi pola kehidupan flora-fauna di dalam dan di sekitar kawah ini belum cukup tersedia, namun sebagai

salah satu keberagaman, dalam penulisan ini kawah dianggap sebagai suatu ekosistem.

Peta ekosistem wilayah gunung Bromo dengan tipe-tipe ekosistem yang ada diperlihatkan pada Gambar 1. Peta tersebut didapatkan dari hasil pengolahan citra, proses *overlay* dan *ground truth*. Tipe-tipe ekosistem dapat dibedakan dalam klasifikasi dalam Tabel 1.

Ekosistem hutan sekunder yang ditampilkan pada Gambar 2 memperlihatkan degradasi warna yang cukup bervariasi. Ekosistem hutan sekunder dapat merupakan ekosistem hutan primer yang mengalami kerusakan akibat aktivitas manusia ataupun akibat alam sehingga dapat diartikan sebagai proses suksesi vegetasi sedang yang mengarah pada ekosistem hutan primer.

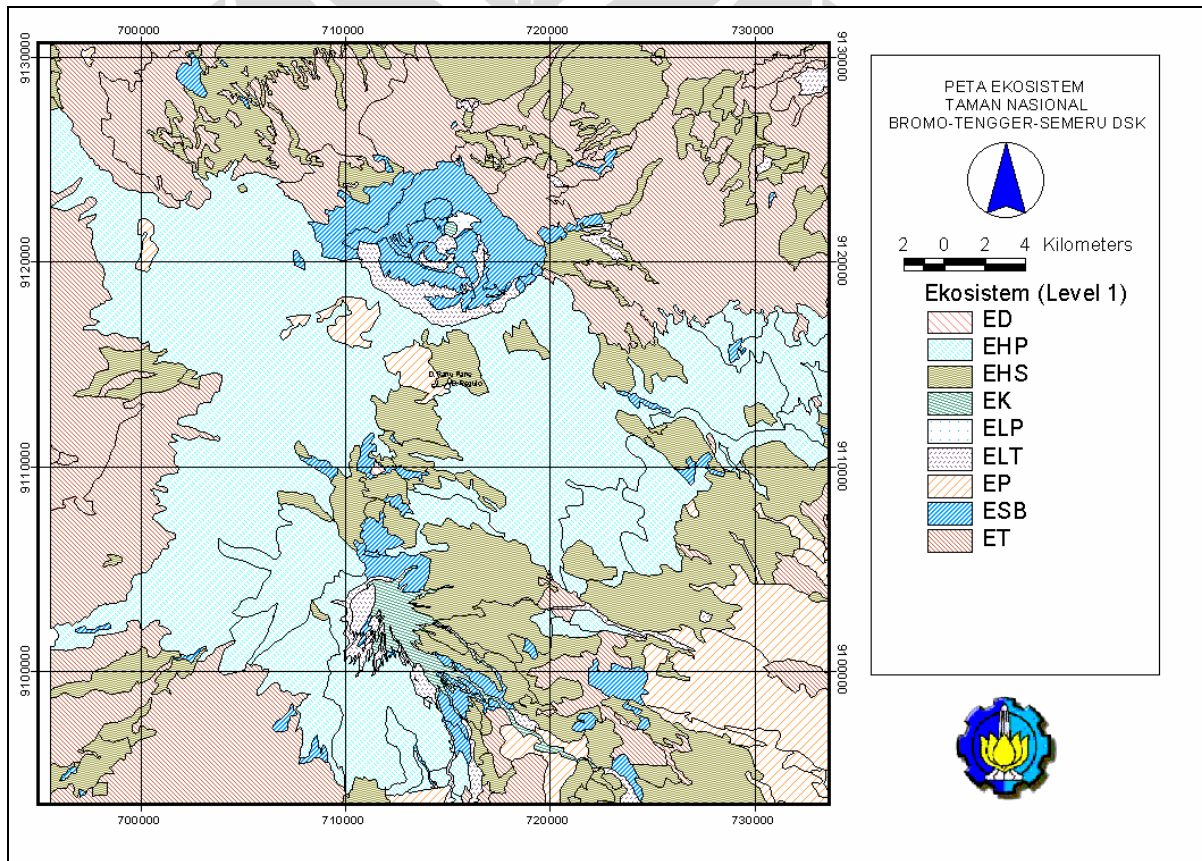
Ekosistem lahan terbuka pada wilayah Bromo dan sekitarnya terdiri atas lahan kosong tanpa vegetasi akibat singkapan permukaan dan lahan terbuka akibat pengaruh aliran lava, khususnya pada lereng sebelah timur gunung Semeru dan di sekitar puncak gunung Semeru yang karena ketinggian tempat tersebut termasuk dalam zona subalpin, yang hanya dapat ditumbuhi tumbuhan kerdil dan lumut kerak.



Gambar 1. Peta vektor ekosistem wilayah gunung Bromo hasil deliniasi

Tabel 1. Tipe Ekosistem Taman Nasional Bromo Tengger Semeru dalam Klasifikasi Tingkat Level I terdapat 9 tipe ekosistem

Kelas (Level 1)	Luas (Ha)	%
ED (ekosistem danau)	39.02	0.02%
EHP (ekosistem hutan primer)	46,627.31	27.31%
EHS (ekosistem hutan sekunder)	38,969.87	22.82%
EK (ekosistem kawah)	1,290.37	0.76%
ELP (ekosistem laut pasir)	91.89	0.05%
ELT (ekosistem lahan terbuka)	3,932.62	2.30%
EP (ekosistem pemukiman)	12,790.63	7.49%
ESB (ekosistem semak belukar)	8,107.81	4.75%
ET (ekosistem tegalan)	58,902.94	34.50%
	170,752.45	



Gambar 2. Peta ekosistem gunung Bromo dan kawasan penyangganya dalam klasifikasi ekosistem

Keterangan:

ED = Ekosistem Danau

EHP = Ekosistem Hutan Primer

EHS = Ekosistem Hutan Sekunder

EK = Ekosistem Kawah

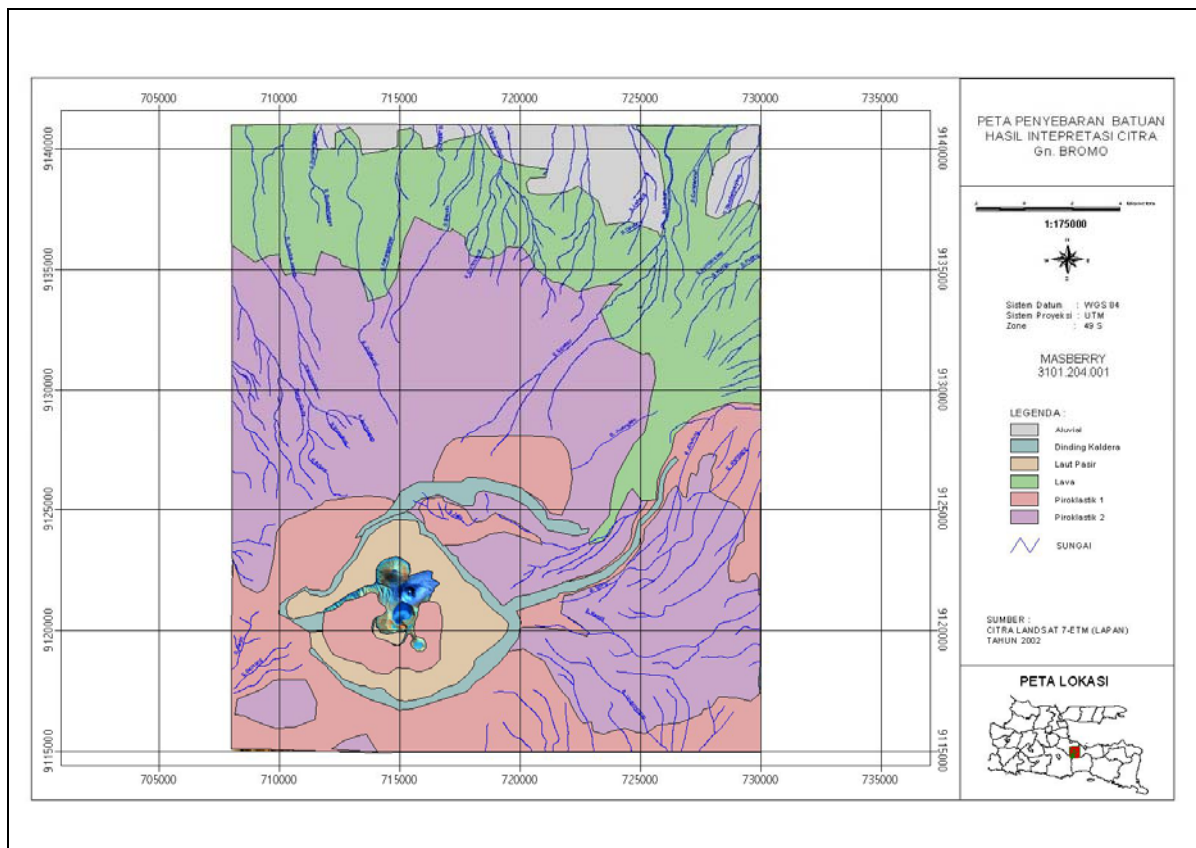
ELP = Ekosistem Laut Pasir

ELT = Ekosistem Lahan Terbuka

EP = Ekosistem Pemukiman

ESB = Ekosistem Semak Belukar

ET = Ekosistem Tegalan



Gambar 3. Peta penyebaran batuan hasil interpretasi manual citra band 457 yang dibandingkan dengan peta geologi

Ekosistem pemukiman pada wilayah gunung Bromo sangat sulit diinterpretasi karena kenampakan warnanya yang kurang dominan dibandingkan kenampakan vegetasi di sekitarnya, baik di taman nasional maupun kawasan penyangganya. Ekosistem pemukiman di kawasan taman nasional terdapat di tiga lokasi yaitu desa Jarak Hijau, desa Ngadas dan desa Ranu Pani, sedangkan di areal penyangganya terdapat ekosistem pemukiman yang lebih luas.

Ekosistem semak belukar sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2 terdiri atas savana tropis, perdu dan alang-alang yang meyebar sporadis dengan luasan areal yang kecil.

Ekosistem tegalan pada wilayah Bromo dan sekitarnya terdiri atas beberapa sub ekosistem yang memperlihatkan keterbukaan lahan yang sangat menyolok, dengan penampakan warna tanah yang sangat dominan.

Ekosistem kawah, ekosistem danau dan ekosistem laut pasir tidak dinampakan pada gambar secara terpisah karena sudah sangat nyata dan tidak dapat dipisahkan

lagi menjadi sub-sub ekosistem sebagaimana ekosistem yang lain.

Dari pemetaan dan inventarisasi ekosistem wilayah gunung Bromo dan sekitarnya, masih diperlukan informasi lebih lanjut tentang penyebaran batuan untuk mengetahui potensi sumber daya alam hayati dan non hayati di wilayah tersebut agar dapat dideteksi lebih awal akan adanya bencana alam yang akan terjadi.

Analisis penyebaran batuan dilakukan berdasarkan interpretasi citra hasil analisis komponen utama dari saluran 12357 dan citra komposit 457. Daerah penelitian dibagi menjadi 6 satuan batuan yaitu *alluvial*, satuan laut pasir, satuan piroklastik 1, satuan piroklastik 2, satuan lava dan satuan dinding kaldera. Hasil interpretasi satuan batuan tersebut bila dibandingkan dengan satuan batuan yang terdapat pada peta geologi yang diterbitkan oleh Direktorat Vulkanologi maka penyebaran batuan dan jenis batumannya memperlihatkan kesesuaian seperti pada Gambar 3.

Selanjutnya bila peta penyebaran batuan hasil interpretasi tersebut dikorelasikan (*overlay*) dengan peta

penyebaran batuan hasil klasifikasi (*interpretasi secara digital*) dan hasil survei lapangan maka terdapat kesesuaian penyebaran batuan. Berdasarkan hasil analisis laboratorium, satuan laut pasir mempunyai porositas dan permeabilitas yang paling tinggi, sehingga satuan laut pasir merupakan satuan batuan yang paling baik dalam meresapkan air sehingga hasil peta penyebaran batuan dapat digunakan untuk memperkirakan daerah berpotensi untuk meresapkan air seperti terlihat pada Gambar 4.

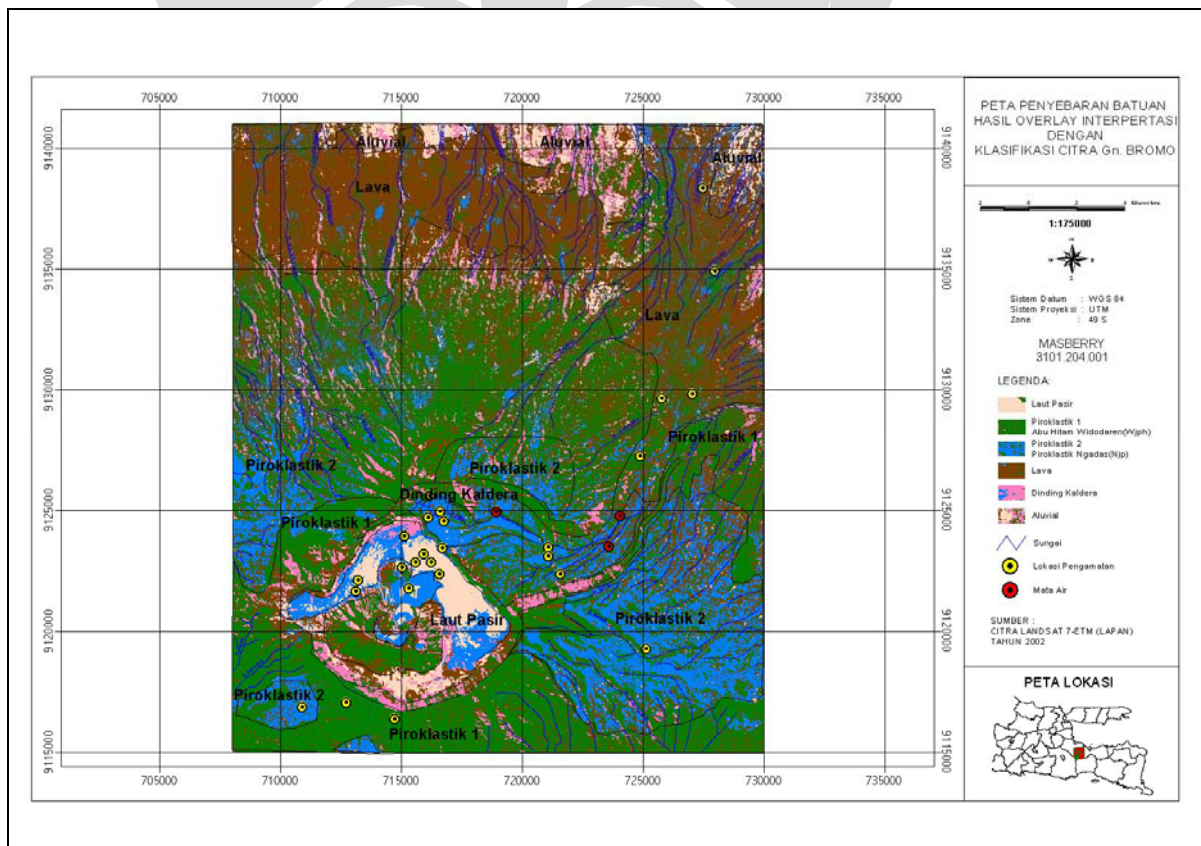
Dalam menentukan daerah yang berpotensi untuk meresapkan air disamping jenis batuan dan tingkat kelulusan/ kesarangannya, parameter kemiringan lereng, vegetasi penutup lahan dan curah hujan juga sangat berperan dalam penentuan daerah resapan tersebut.

Parameter kemiringan lereng diperoleh dari hasil digitasi peta topografi, yang ditampilkan sebagai citra *Digital Elevation Model (DEM)* yang dapat memberikan informasi ketinggian tempat seperti terlihat pada Gambar 5, sedangkan proses pengolahan kemiringan

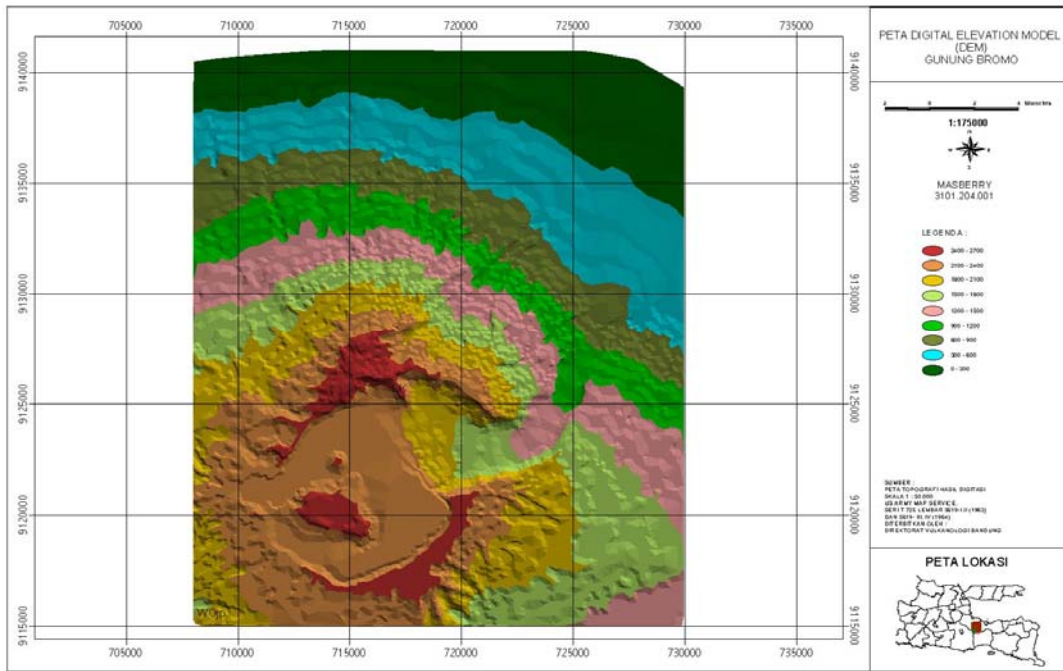
lereng dilakukan untuk menunjukkan hasil yang sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan seperti terlihat pada Gambar 6.

Peta citra vegetasi penutup lahan diolah dengan *image processing* yang dapat memberikan informasi penutupan lahan pada setiap *grid (pixel)* citra sehingga kondisi tutupan lahan pada daerah yang dikehendaki dapat diketahui seperti terlihat pada Gambar 7. Tutupan lahan di daerah penelitian dapat dibagi menjadi 4 (empat) yaitu vegetasi lebat, vegetasi sedang, vegetasi jarang dan laut pasir. Keempat jenis tutupan lahan tersebut memiliki karakter yang berbeda-beda dalam kemampuannya untuk meresapkan air.

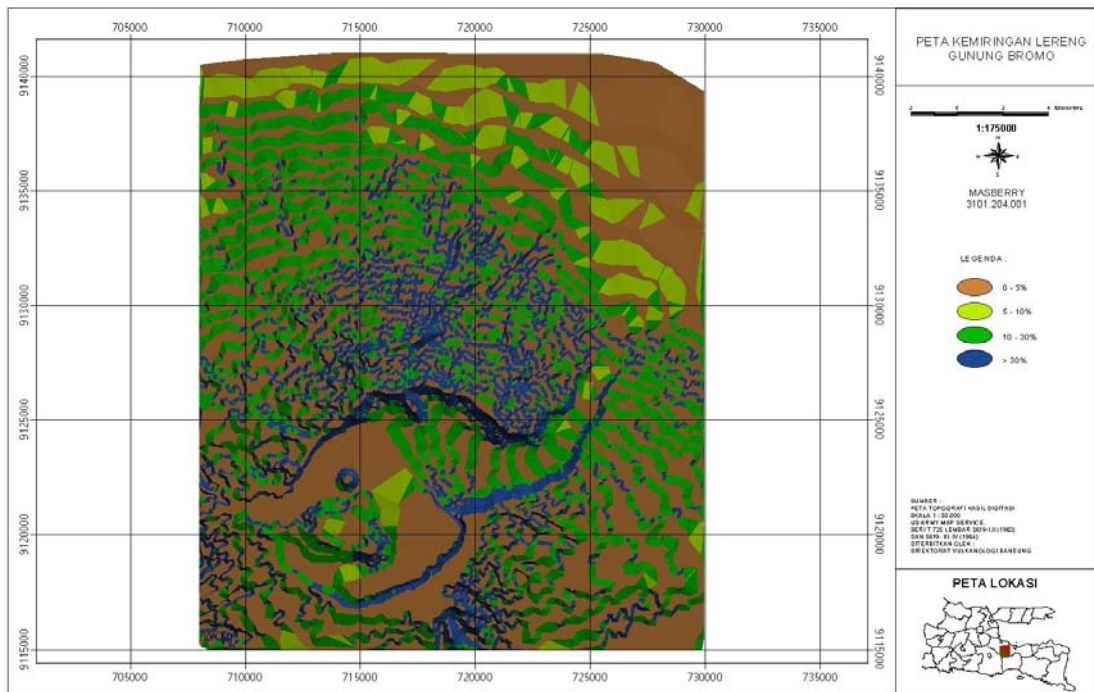
Peta curah hujan diperoleh dari hasil digitasi peta klimatologi yang diterbitkan oleh Direktorat Geologi Tata Lingkungan Bandung dikorelasikan dengan data curah hujan gunung Bromo yang diperoleh dari Dinas Pengairan Probolinggo sehingga dapat diperoleh informasi curah hujan rata-rata setiap tahunnya di daerah penelitian.



Gambar 4. Peta Penyebaran batuan yang diperkirakan berpotensi untuk meresapkan air (hasil overlay interpretasi manual, digital dan survei lapangan)

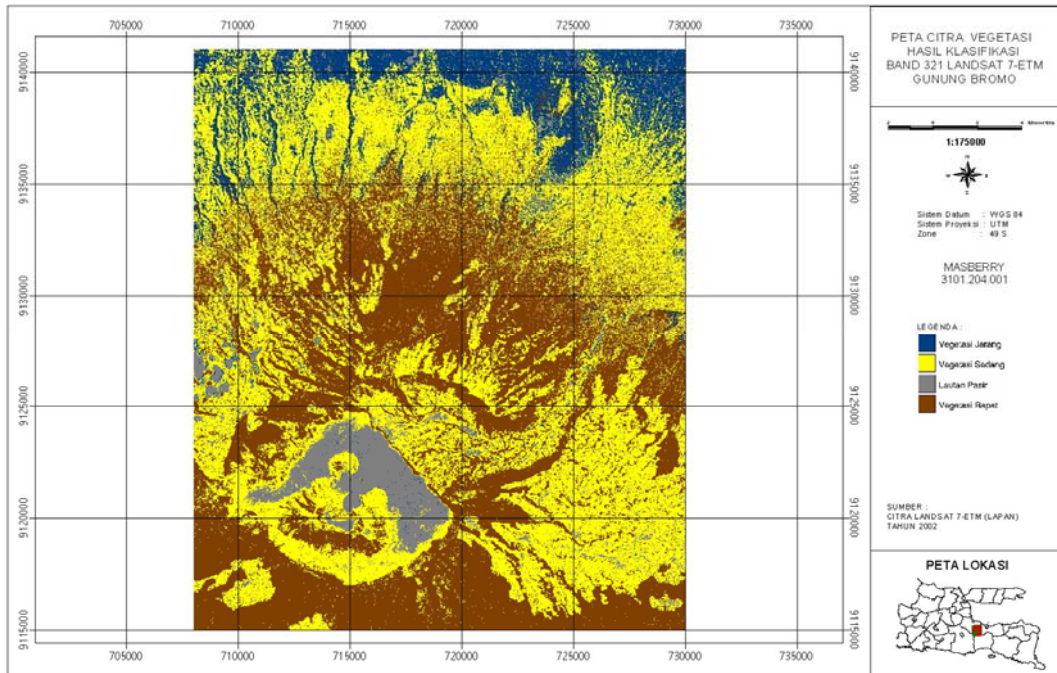


Gambar 5. Peta Digital Elevation Model (DEM) G. Bromo



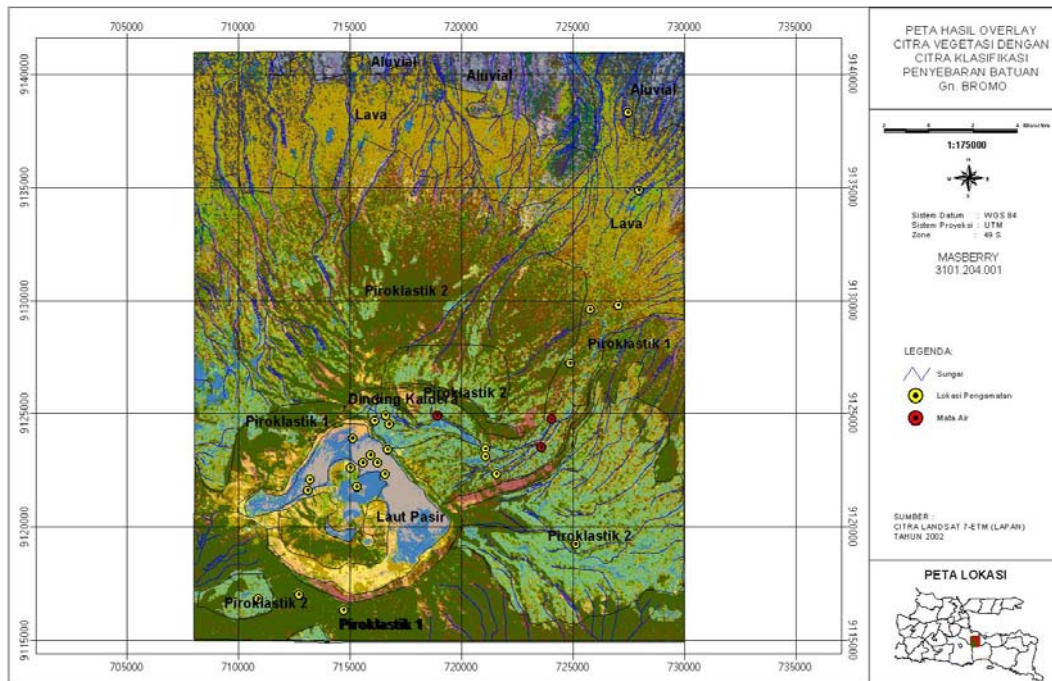
Lampiran

Gambar 6. Peta Kemiringan Lereng G. Bromo



Lampiran 7

Gambar 7. Peta citra vegetasi penutup lahan hasil klasifikasi band 321



Gambar 8. Peta potensi resapan air tanah mutlak dan kawasan resapan penyangga (Hasil overlay klasifikasi citra vegetasi dan klasifikasi batuan, interpretasi manual dan survei lapangan)

Keempat parameter tersebut dibandingkan dan dikorelasikan (*overlay*) sehingga diperoleh kawasan resapan air tanah pada setiap *pixel* citra. Pengolahan citra ini menghasilkan informasi tentang kawasan potensial resapan air tanah atau peta potensi resapan air tanah mutlak dan kawasan resapan penyangga (Gambar 8).

Peta potensi resapan air tanah ini dapat dijadikan masukan dalam perhitungan kemampuan resapan air tanah per volume. Informasi ini berguna untuk berbagai kepentingan misalnya untuk menganalisis kebutuhan irigasi, merencanakan pembuatan bangunan air serta memperkirakan terjadinya banjir dan longsor di daerah sekitar pintu keluar sungai, dengan demikian dapat diputuskan langkah-langkah yang harus diambil dalam usaha meminimalkan kerugian akibat bencana.

4. Kesimpulan

Hasil keseluruhan proses pengolahan citra, deliniasi peta vektor, *overlay-overlay* dan *ground truth* di lapangan dapat disimpulkan bahwa citra *Landsat TM* yang terdiri atas 6 (enam) *band*, yaitu *band* 1, 2, 3, 4, 5, dan 7 dapat memberikan informasi yang akurat tentang penutupan vegetasi pada areal konservasi khususnya

wilayah Bromo melalui satu kali pemotretan. Wilayah gunung Bromo terdiri atas 9 (sembilan) tipe ekosistem yang diperoleh dari informasi citra *Landsat TM*. Prosentase ekosistem lahan terbuka yang cukup luas di wilayah Bromo menunjukkan bahwa ekosistem yang menjadi obyek pelestarian taman nasional sebagai upaya perlindungan keperwakilan tipe ekosistem dan sebagai usaha pengawetan plasma nutfah dapat menurun potensinya. Ketelitian geometrik yang diperoleh memiliki *error RMS (root-mean-square)* sebesar 0,04 *pixel* < 2 *pixel*, jadi tingkat kesalahannya sekitar 1,2 meter (batas toleransi kesalahan = 2 *pixel* = 60 m). Klasifikasi terawasi sangat membantu didalam interpretasi sebaran batuan yang mempunyai kemampuan untuk meresapkan air

Daftar Acuan

- [1] Susanto, Penginderaan Jauh Jilid 2. Gajah Mada University Press, Edisi II, Yogyakarta, 1994.
- [2] N. Polunin, Teori Ekosistem dan Penerapannya, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 1997.
- [3] R.S. Resosoedarmo, K. Kartawinata, A. Soegiarto, Pengantar Ekologi, Remadja Karya CV, Bandung 1986.