

Aplikasi Sistem Informasi Geografis Untuk Penentuan Wilayah Prioritas Penanganan Bahaya Erosi (Studi Kasus Daerah Aliran Ci Tarum)

E. Kusratmoko, D. Ludiro, I. B. Mataburu, Sobirin, Supriatna, T. L. Indra
Jurusan Geografi dan Pusat Penelitian Geografi Terapan
FMIPA - Universitas Indonesia

Abstract

Based on the GIS data for The Ci Tarum Catchment area, the determination analysis of priority region of erosion hazard handling were carried out. First step, the region of erosion potential was determined by the key variables, slope, land use, soil and rainfall. The next step, the priority region of erosion hazard handling was identified by key variables, high erosion potential region, distance from the main river and grade of population growth.

The result of analysis shown that the region with very high and high erosion potential at the Ci Tarum Catchment area occupied about 32% for all area. This result is estimate accurate, in comparison with calculation result from BRLKT, Dept. of Forestry. Based on the 35 location samples, it was found that the grades of erosion potential is closely related to the NDVI value at the coefficient of determinant (R^2) of 0,59 (significant at $\alpha = 0,01\%$). The down area of the Ci Kondang and upper area of the Ci Kapundung are identified as main priority regions for the handling of erosion hazard.

Abstrak

Memfaatkan database berbasis SIG dari himpunan data fisik, sosial dan ekonomi daerah aliran Ci Tarum yang telah tersusun, kemudian dilakukan analisis wilayah prioritas penanganan bahaya erosi. Tahap awal analisis dilakukan dengan penentuan wilayah potensi erosi dengan variabel kunci, lereng, penggunaan tanah, jenis tanah dan curah hujan. Tahap selanjutnya adalah penentuan wilayah prioritas penanganan bahaya erosi dengan variabel kunci, wilayah dengan potensi erosi tinggi, jarak dari sungai utama dan tingkat perkembangan penduduk.

Hasil analisis memperlihatkan, bahwa sebaran wilayah potensi tinggi dan sangat tinggi di daerah aliran Ci Tarum mengambil porsi 32,5 % dari luas DAS. Angka tersebut diperkirakan cukup akurat dengan membandingkan hasil perhitungan wilayah bahaya erosi dari BRLKT, Departemen Kehutanan tahun 1987. Secara spasial diperlihatkan korelasi negatif dengan angka $R^2 = 0,59$ (Sign. pada $\alpha = 0,01\%$), antara bobot potensi erosi dengan nilai NDVI hasil interpretasi Citra Landsat TM tahun 2000. Wilayah hilir aliran Ci Kondang dan sebagian wilayah hulu Ci Kapundung diidentifikasi sebagai wilayah dengan prioritas ke-1 dalam penanganan bahaya erosi.

I. PENDAHULUAN

Tata cara manusia dalam memanfaatkan dan mengelola air sebagai sumberdaya alam yang sangat vital, secara signifikan mengalami perubahan sesuai dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan penerapan teknologi. Dimana dalam dua dasawarsa terakhir ini pengelolaan sumberdaya

air (SDA) mengarah kepada pendekatan yang berorientasi ekologis, dengan penekanan pada renaturisasi dan konservasi (Schmitt, 1997). Dalam konteks ini terdapat tiga pilar utama yang saling berkaitan, yaitu air - perlindungan - manusia, yang secara konkrit dapat diungkapkan

sia, yang secara konkrit dapat diungkapkan dalam permasalahan pengelolaan SDA, yaitu:

- Melindungi SDA untuk kebutuhan manusia;
- Melindungi sumberdaya air dari aktivitas manusia;
- Meningkatkan perlindungan manusia dari pengelolaan SDA itu sendiri.

Fakta dan kecenderungan saat ini di daerah aliran Ci Tarum, terutama menyangkut kepada :

- Perluasan kawasan industri dan perkotaan di wilayah Jabotabek, yang mendorong kepada peningkatan kebutuhan akan air bersih;
- Urbanisasi dan industrialisasi yang cepat, khususnya di Kabupaten Bandung yang mengarah pada peningkatan beban polusi dan penurunan kualitas air;
- Bertambah luasnya penggunaan lahan pertanian yang dikelola secara intensif telah meningkatkan laju erosi tanah;

Mengharuskan pengelolaan sumberdaya air yang berorientasi lingkungan dan berkelanjutan sebagai strategi terbaik, seperti yang telah direkomendasikan dalam studi "Rencana Pengembangan Sumberdaya Air Wilayah Ci Tarum" (Anon, 1998).

Pengelolaan SDA yang bersifat spasial dan ekologis serta berkelanjutan, harus menjadi kegiatan yang diberi penekanan dalam upaya penerapan strategi pengelolaan. Hal ini didasari bahwa daerah aliran Ci Tarum sebagai satu kesatuan ekosistem mempunyai karakteristik fisik, sosial-ekonomi dan lingkungan perkembangan yang berbeda antar wilayah atau sub DAS dalam konteks pengelolaan SDA. Adanya variasi keruangan tersebut dapat mempersulit pengendalian tingkat risiko kerusakan lingkungan di masing-masing sub DAS. Namun demikian, dengan mencermati fakta-fakta dan gejala keruangan yang ada dalam lingkup dan hubungan antar sub DAS, penerapan strategi pengelolaan yang sistematis akan dapat dilakukan.

Aplikasi Sistem Informasi Geografis dengan database yang telah tersusun, memungkinkan terungkapnya wilayah-wilayah (sub DAS) yang mempunyai risiko lingkungan tinggi sampai rendah. Sekaligus dapat dijadikan landasan pengambilan keputusan untuk menentukan wilayah prioritas konservasi dan restorasi lingkungan.

Dengan demikian, bentuk model pengelolaannya pun dapat dikembangkan.

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan aplikasi GIS dalam mengidentifikasi wilayah bahaya erosi/longsor telah memperlihatkan hasil optimal (seperti, Froehlich, et all 1994; Landwehr, 1996; Thein, 1998). Tulisan di bawah ini mencoba memaparkan aplikasi GIS dalam menentukan wilayah prioritas penanganan bahaya erosi di daerah aliran Ci Tarum, sebagai bagian dari upaya mencari model pengelolaan lingkungan yang bersifat spasial.

II. METODOLOGI

2.1 Daerah Penelitian

Daerah aliran Ci Tarum dalam penelitian ini dibatasi mulai dari Waduk Juanda sampai dengan hulu Ci Tarum di Gunung Wayang (2181 m dpl), dengan luas 4443,32 km². Daerah aliran tersebut terdiri dari 10 wilayah sub Das besar, yaitu: Ci Tarik, Ci Widey, Ci Tarum Hulu, Ci Tarum-Ci Kao, Ci Sangkeuy, Ci Meta, Ci Kapundung, Ci Minyak, Ci Kundul, dan Ci Sokan.

2.2 Bahan

- Data digital daerah aliran Ci Tarum dengan skala 1: 50.000. Data dasar terdiri dari data spasial dan tabuler yang mencakup data fisik wilayah (ketinggian, lereng, geologi, jenis tanah dan penggunaan tanah dengan data dasar tahun 1987), dan data kependudukan (kepadatan penduduk, tingkat perkembangan penduduk, struktur mata pencaharian).
- Data citra digital landsat TM daerah aliran Ci Tarum tahun 2000 bersumber dari LAPAN.

2.3 Metoda

2.3.1 Landasan Teoritis

Erosi tanah di daerah tropis pada umumnya merupakan erosi fluvial, yang disebabkan oleh aliran permukaan pada saat hujan. Banyak sedikitnya material tanah yang terangkut tersebut, sebenarnya merupakan hasil perpaduan berbagai faktor. Namun demikian, kecepatan aliran permukaan yang merupakan fungsi dari kemiringan lahan adalah faktor utama penentu yang memungkinkan terjadinya proses pengikisan dan pengangkutan material tanah (Coster 1938,

Sandy 1982 dan 1978, McKnight 1990, Ahnert 1998).

Lereng 8% dan lebih dari 40% memegang peranan yang menentukan. Pada lereng 8% di suatu DAS di bagian hilir, aliran sungai mulai mencari keseimbangan dan material tanah yang terbawa mulai diendapkan di sepanjang alur sungai. Sementara itu pada lereng 40%, aliran permukaan memiliki tenaga kinetik yang cukup besar untuk mengikis dan membawa material tanah.

Proses pengikisan tanah dan pengangkutannya, secara teoritis akan berlangsung secara efektif pada lahan terbuka yang tidak bervegetasi. Sehubungan dengan itu, variabel penggunaan lahan yang secara tidak langsung mencerminkan tutupan vegetasi merupakan variabel penentu kedua terjadinya erosi. Besarnya kemungkinan terjadinya erosi permukaan, atas dasar perbedaan penggunaan lahan untuk kasus di pulau Jawa, khususnya di daerah aliran Ci Tarum, telah ditunjukkan dari hasil penelitian Coster (1938) dan Abdurrachman dkk. (1981).

Hutan yang memiliki vegetasi bawah dengan struktur tajuk pepohonan yang berlapis-lapis, diketahui sangat efektif mencegah pengikisan tanah dan menghambat terangkutnya material tanah (Soemarwoto, 1983). Sebaliknya tegalan yang dibudidayakan untuk tanaman musiman dan tanpa vegetasi bawah, berpotensi besar mendorong terjadinya erosi, apalagi jika dilakukan pada lahan dengan kemiringan lebih dari 40% (Sandy 1978, 1982).

Sifat mudah tidaknya tanah terkikis, ditentukan oleh variabel erodibilitas tanah. Lembaga Penelitian Tanah di Bogor telah menyusun tingkat erodibilitas tanah atas dasar jenis tanah (LPT, 1969). Erodibilitas tanah diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu erodibilitas tinggi mencakup jenis tanah regosol; erodibilitas sedang, seperti andosol, gley humus, mediterania dan podsolik; serta erodibilitas rendah, mencakup jenis tanah alluvial, latosol dan grumosol.

Erosi tanah dimungkinkan terjadi, apabila ada aliran permukaan. Peran intensitas dan lamanya hujan sangat mempengaruhi besarnya aliran permukaan, dan selanjutnya besarnya erosi yang terjadi. Intensitas hujan yang terlalu kecil tidak berpengaruh terhadap erosi. Untuk kasus

di daerah tropik, seperti Tanzania (Rapp et al. 1972), Malaysia (Morgan 1974) dan Zimbabwe (Hudson 1981), didapatkan angka intensitas hujan sebesar 25 mm/jam sebagai batas ambang yang memungkinkan terjadinya proses pengikisan lapisan tanah.

Hasil penelitian pada 3 stasiun di DA Ci Liwung (Citeko 920 m dpl, Cilember 820 m dpl dan Darmaga 286 m dpl), menunjukkan adanya korelasi kuat positif, dengan kisaran angka R^2 antara 0,58 – 0,85, antara intensitas hujan per jam dengan jeluk hujan harian. Hasil tersebut menunjukkan, bahwa sifat hujan yang cenderung terakumulasi pada satu jam pertama tanpa terikat kepada lamanya hujan (Kusratmoko, 1999). Dengan demikian, maka proses erosi permukaan tanah sebenarnya berlangsung secara efektif pada waktu yang terbatas.

2.3.2 Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi

Klasifikasi tingkat bahaya erosi dilakukan dengan cara menggabungkan dan pembobotan variabel lereng, penggunaan tanah, erodibilitas tanah dan curah hujan.

Klasifikasi variabel lereng dan pembobotan masing-masing parameter mengacu kepada indeks panjang dan kemiringan lereng (indeks LS) dari Hamer (1980) yang digunakan pula oleh Dirjen BRLKT Departemen Kehutanan dengan sedikit modifikasi. Batas klasifikasi lereng tertinggi dalam penelitian ini bukan angka lebih dari 45% melainkan angka 40%.

Klasifikasi jenis penggunaan lahan dalam kaitannya dengan bahaya erosi, dibedakan menjadi 5 kelompok, yaitu hutan, kebun campuran, perkebunan, sawah, tegalan, permukiman dan tanah kosong. Pembobotan masing-masing jenis penggunaan mengacu kepada rerata besarnya angka indeks pengelolaan tanaman dengan berbagai pengelolaan pertanian (Faktor C) dari Abdurrachman dkk. (1981) dan untuk melengkapi digunakan pula angka faktor C dari "Soil Conservation Consultant Report" dari Hammer (1980) (Anon 1987). Selanjutnya untuk variabel erodibilitas, klasifikasi dikelompokkan menjadi tiga, masing-masing erodibilitas tinggi, sedang dan rendah. Klasifikasi ini secara kualitatif hanya mengacu kepada jenis tanah (LPT, 1969).

Mengingat ketersediaan data intensitas hujan yang terbatas, maka dalam penelitian ini data curah hujan harian dipakai sebagai indikator erodibilitas. Parameter yang digunakan adalah rerata jumlah hari hujan dengan jeluk hujan harian lebih dari 30 mm. Angka jeluk hujan harian 30 mm adalah setara dengan intensitas hujan 22,5 mm/jam. Intensitas hujan sebesar itu diasumsikan dapat menggerakkan erosi permukaan. Atas dasar besarnya frekuensi hari hujan, maka tiga kelas klasifikasi erodibilitas dapat dibuat, yaitu:

- (1) Tinggi bila rerata jumlah hari hujan dengan jeluk hujan >30 mm, lebih besar dari 30 hari,
- (2) Sedang bila rerata jumlah hari hujan dengan jeluk hujan >30 mm antara 20-30 hari,
- (3) Rendah dengan rerata jumlah hari hujan dengan jeluk hujan >30 mm kurang dari 20 hari.

Pembobotan masing-masing variabel dan klasifikasinya adalah sebagai berikut :

Variabel	Bobot
Lereng	40
Penggunaan tanah	30
Erodibilitas	20
Curah Hujan	10

Pembobotan lanjutan adalah sebagai berikut :

Parameter kelas lereng (%)	Indeks menurut Hammer	Nilai bobot	Total Bobot (Bobot * 40)
>40	9,5	0,45	18
25 - 40	6,2	0,32	12,8
15 - 25	3,1	0,15	6
8 - 15	1,4	0,07	2,8
2- 8	0,4	0,02	0,8
	20,6	1,0	

Lereng 0-2% tidak teridentifikasi di daerah penelitian.

Pembobotan untuk tiap penggunaan tanah :

Jenis Penggunaan Tanah	Rerata nilai C	Nilai bobot	Total bobot (Bobot * 30)
Hutan	0.015	0.01	0,3
Sawah	0.068	0.04	1,2
Permukiman	0.098	0.05	1,5
Kebun Campuran	0.231	0.13	3,9
Perkebunan	0.273	0.15	4,5
Tegalan	0.423	0.23	6,9

Tanah Kosong	0.732	0.40	12,0
	1.840	1.0	

Untuk variabel erodibilitas, pembobotan setiap kelas adalah sebagai berikut :

Erodibilitas	Bobot yang diberikan	Total bobot (Bobot * 20)
Tinggi	0.4	8
Sedang	0.3	6
Rendah	0.2	4

Selanjutnya untuk variabel erodibilitas, pembobotan adalah sebagai berikut :

Erosivitas	Bobot	Total bobot
Tinggi	0.4	4
Sedang	0.3	3
Rendah	0.2	2

Atas dasar pembobotan tiap variabel tersebut, secara kumulatif diperoleh total bobot bahaya erosi dengan kisaran antara 7,1 sampai 42,0. Selanjutnya atas dasar variasi total bobot tersebut, potensi erosi dikelompokkan menjadi lima lingkaran, yaitu :

- Sangat ringan : total bobot 7,1 - 15,0
- Ringan : total bobot 15,0 - 21,9
- Sedang : total bobot 22,0 - 28,9
- Tinggi : total bobot 29,0 - 35,9
- Sangat tinggi : total bobot 36,0 - 42,0

2.3.3 Pemetaan Tingkat Bahaya Erosi

Analisis data dilakukan dengan metode *overlay* peta yang mempertimbangkan nilai bobot dari masing-masing variabel/parameter. Metode "*union*" yang meng-*overlay*-kan peta secara keseluruhan baik identitasnya (*_ID*) maupun spasialnya (peta) digunakan untuk mendapatkan tingkat bahaya erosi.

Selanjutnya melalui ekstraksi kedalam pendekatan daerah aliran sungai, sebaran wilayah potensi erosi di daerah aliran Ci Tarum dikelompokkan kembali dengan satuan sub DAS orde 3. Klasifikasi tingkat bahaya erosi pada setiap Sub-DAS adalah sebagai berikut :

- a. Sub DAS sangat rawan, jika luas areal dengan kategori potensi erosi sangat tinggi dan

- tinggi mencapai lebih dari 50% luas Sub-DAS tersebut.
- Sub DAS rawan, jika luas area dengan kategori potensi erosi sangat tinggi dan tinggi antara 30 - 50% dari luas sub DAS tersebut.
 - Sub DAS agak rawan, jika luas area dengan kategori potensi erosi sangat tinggi dan tinggi antara 5 - 30% dari luas sub DAS tersebut.
 - Sub DAS tidak rawan (aman), jika luas area dengan kategori potensi erosi sangat tinggi dan tinggi kurang dari 5% dari luas sub DAS tersebut.

2.3.4 Penentuan Wilayah Prioritas Penanganan Bahaya Erosi

Penentuan wilayah prioritas penanganan bahaya erosi didasarkan atas faktor tingkat potensi erosi, perkembangan penduduk dan dampak erosi terhadap sungai utama atau waduk. Wilayah yang diprioritaskan penanganannya pertama adalah wilayah dengan potensi erosi sangat tinggi dan tinggi.

Secara bertahap penentuan prioritas tersebut mengacu kepada dampak erosi, yang diwakili oleh variabel jarak dari sungai utama atau waduk. Dalam penelitian ini ditarik jarak 1 km dari sungai utama atau waduk. Faktor penentu selanjutnya adalah faktor kependudukan, yang diwakili oleh parameter tingkat perkembangan penduduk dan dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu <1%, 1 – 2,5% dan >2,5% per tahun.

Dengan cara mengkombinasikan kedua parameter tersebut, prioritas penanganan bahaya erosi dikelompokkan menjadi tiga kelas, yaitu:

- Prioritas 1, areal yang memiliki tingkat potensi sangat rawan/rawan erosi dengan jarak 1000 meter dari sungai utama/waduk dan dengan tingkat perkembangan penduduk lebih dari 2,5% per tahun.
- Prioritas 2, areal yang memiliki tingkat potensi sangat rawan/rawan erosi dengan jarak 1000 meter dari sungai utama/waduk dan dengan tingkat perkembangan penduduk antara 1-2,5% per tahun.
- Prioritas 3, areal yang memiliki tingkat potensi sangat rawan/rawan erosi dengan 1000 meter dari sungai utama/waduk dan dengan tingkat perkembangan penduduk <1%.

Secara keseluruhan diagram alur penentuan wilayah prioritas penanganan bahaya erosi berbasis SIG dapat dilihat pada Gambar 1.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sebaran Wilayah potensi Erosi

Secara keseluruhan Daerah Aliran (untuk selanjutnya disingkat "DA") Ci Tarum didominasi wilayah potensi erosi rendah dengan luasan 40% dari luas total wilayah; selanjutnya wilayah potensi tinggi seluas 113.673 ha (25,6%) dan wilayah potensi sedang seluas 95.643 ha (21,5%). Wilayah potensi erosi sangat tinggi hanya sekitar 6,9% dari luas DAS keseluruhan atau tepatnya 30.883 ha, sedangkan wilayah potensi erosi sangat rendah seluas 25.772 ha atau 5,8%.

Mengikuti pembagian sub DAS besar dari Departemen Kehutanan Republik Indonesia, maka DA Ci Tarum dapat dibagi menjadi 10 Sub DAS meliputi, DA Ci Tarik, Ci Widey, Ci Tarum Hulu, Ci Tarum-Ci Kao, Ci Sangkeuy, Ci Meta, Ci Kapundung, Ci Minyak, Ci Kundul dan Ci Sokaan. Distribusi wilayah potensi erosi kategori sangat tinggi terutama terdapat di DA Ci Sokaan seluas 8.895 ha atau 28,8% dari seluruh areal potensi erosi sangat tinggi. DA Ci Sangkeuy dan DA Ci Widey memiliki areal potensi erosi sangat tinggi seluas 11,3% dan 11,40%; sedangkan tujuh DAS lainnya memiliki areal potensi sangat tinggi berkisar antara 4,3 % sampai 7,18 %. Rincian potensi erosi pada masing-masing DAS orde-2 dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1.
Wilayah potensi erosi sangat tinggi (PE ST) dan tinggi (PE T) menurut DAS ordo-2

Nama	Luas DAS	Luas PE ST	Luas PE T
	(Ha)	(%)	(%)
DAS Ordo-2			
Ci Kapundung	44769	6,2	14,6
Ci Kundul	26002	7,4	21,5
Ci Meta	57095	2,3	16,8
Ci Minyak	40529	6,7	14,7
Ci Sangkeuy	32876	10,6	26,8
Ci Sokaan	110437	8,0	41,9
Ci Tarik	44301	4,9	13,2
Ci Tarum-Kao	30815	7,2	20,8
Ci Tarum hulu	30288	6,1	34,8
Ci Widey	27219	12,9	31,3
Ci Tarum	444332	6,9	25,6

Sumber : Hasil pengolahan data

Secara spasial, wilayah potensi erosi sangat tinggi merupakan areal yang tidak terlalu luas dan lokasinya terpisah-pisah, terdistribusi di bagian selatan dan bagian utara di daerah pegunungan dengan ketinggian lebih dari 1.000 mdpl. Sedangkan pada wilayah dengan ketinggian 500-1.000 mdpl dapat diidentifikasi pada beberapa lokasi di rangkaian pegunungan Rajamandala (DA Ci Soka, Ci Minyak dan Ci Meta).

Wilayah potensi erosi kategori tinggi di DA Ci Soka mencapai 45.883 ha atau sekitar 40 % dari luas keseluruhan. DA Ci Widy, DA Ci Sangkeuy, DA Cimeta dan DA Ci Tarum Hulu mempunyai areal potensi erosi kategori tinggi antara 8.535 ha sampai 10.530 ha; sedangkan lima DAS lainnya hanya memiliki areal yang berpotensi erosi kategori tinggi seluas kurang dari 6.550 ha.

Sebaran spasial wilayah potensi erosi tinggi pada umumnya merupakan areal yang cukup besar (luas), membentuk pola yang hampir mengikuti rangkaian pegunungan. Untuk kasus di pegunungan Rajamandala, wilayah tersebut memanjang ke arah timur laut sampai ke Gunung Tangkubanperahu, sementara di pegunungan Priangan memanjang dari Gunung Kendeng-Wayang-Malabar. Sebagian besar wilayah tersebut berada pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl, meskipun di beberapa lokasi juga dijumpai wilayah potensi erosi tinggi dengan elevasi kurang dari 500 m dpl. Jenis penggunaan lahan kering baik berupa kebun campuran, tegalan maupun perkebunan, merupakan bentuk penggunaan tanah yang mendominasi wilayah potensi erosi kategori tinggi. Peta 1 memperlihatkan sebaran wilayah potensi erosi di DA Ci Tarum secara keseluruhan.

Secara umum dapat dikatakan bahwa hampir separuh DA Ci Tarum, ditinjau dari aspek fisik (alami atau artifisial), sebenarnya kurang mendukung terjadinya erosi. Hanya sekitar sepertiga dari luas DAS yang berpotensi mendukung terjadinya erosi tinggi.

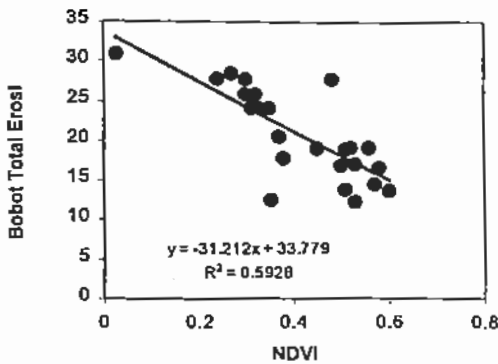
3.2 Korelasi antara Wilayah Potensi Erosi dengan NDVI

Indeks vegetasi DAS Ci Tarum diperoleh melalui interpretasi citra digital Landsat 5 TM dengan menggunakan metode *normalized difference vegetation index* (NDVI). Nilai indeks berkisar antara -0,32 sampai 0,73. Indeks vegetasi tersebut secara tidak langsung menggambarkan karakteristik vegetasi, baik menyangkut kerapatan, ketebalan dan proporsi tutupan tajuk pepohonan maupun kerapatan dan tutupan vegetasi bawah (rumput dan semak). Nilai NDVI kurang dari 0,00 secara teoritis menunjukkan areal yang tidak bervegetasi, bisa berupa pemukiman, perairan maupun tanah terbuka (Anon, 1995).

Atas dasar sebaran nilai NDVI, pengelompokan indeks vegetasi di DAS Ci Tarum dibedakan menjadi 5 kategori, yaitu: areal dengan NDVI kurang dari 0,00 (wilayah non vegetasi), areal dengan NDVI 0,01-0,08 (wilayah bervegetasi jarang), areal dengan NDVI 0,09-0,38 (wilayah bervegetasi kurang rapat), areal dengan NDVI 0,39-0,51 (wilayah bervegetasi rapat) dan areal dengan NDVI 0,52-0,73 (wilayah bervegetasi sangat rapat).

Gambaran spasial indeks vegetasi (Peta 2) memperlihatkan bahwa areal dengan NDVI 0,01-0,08 terutama mengelompok di wilayah cekungan Bandung, sekitar Waduk Saguling, dataran Cianjur-Waduk Cirata, serta di sebelah selatan Waduk Jatiluhur, dimana wilayah tersebut ternyata merupakan persawahan. Areal dengan NDVI 0,09-0,38 yang luasnya mencapai 35% tersebar secara acak, sedangkan areal dengan NDVI lebih dari 0,39 terdapat di lereng-lereng gunung, yang secara faktual merupakan areal hutan.

Analisis statistik indeks vegetasi dengan potensi erosi pada 35 lokasi sampel memperlihatkan korelasi negatif, dengan nilai $R^2=0,59$ (signifikan pada $\alpha = 0,01\%$). Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa variasi potensi erosi di DA Ci Tarum sebesar 59% dapat dijelaskan dengan parameter NDVI, dimana besar kecilnya nilai bobot potensi erosi dapat diestimasi melalui persamaan $Y = -31,21x + 33,78$ (lihat Gb. 2).



Gbr 2. Korelasi antara Bobot Total Erosi dengan NDVI. Nilai bobot erosi dihitung hanya dengan variabel lereng, penggunaan tanah dan erodibilitas.

3.3 Distribusi Wilayah Bahaya Erosi Berdasarkan Satuan DAS Ordo-3

Berdasarkan nilai persentase luas wilayah potensi erosi tinggi dan sangat tinggi dibanding luas DAS ordo-3, maka sebanyak 61 atau 22,1% DAS ordo-3 di DA Ci Tarum berada pada tingkat bahaya erosi (TBE) sangat rawan, 61 atau 22,1% dalam kondisi TBE rawan, 92 atau 33,3% berada pada TBE agak rawan, dan 62 atau 22,57% berada pada TBE aman.

Ditinjau dari rata-rata nilai persentase luas wilayah potensi erosi tinggi dan sangat tinggi dibanding luas DAS ordo-3, maka Sub DA Ci Soka merupakan DAS yang paling tinggi TBE-nya mencapai 49,5%; sebaliknya Sub DA Ci Meta merupakan DAS yang paling rendah hanya 16,3%. Secara spasial DAS ordo-3 dengan TBE sangat rawan berada di bagian hulu DAS ordo-2, sehingga aliran airnya tidak langsung menuju sungai utama atau waduk, kecuali yang berada di DAS ordo-2 Ci Soka dan Ci Widey. Sedangkan DAS ordo-3 dengan TBE rawan dijumpai di bagian hulu dan tengah, terutama yang terdapat di DAS ordo-2 Ci Tarum-Ci Kao, Ci Sangkeuy dan Ci Tarum Hulu, dimana aliran airnya secara langsung menuju sungai utama atau waduk.

Sementara itu wilayah agak rawan bahaya erosi terdistribusi secara acak, umumnya terletak di hilir wilayah sangat rawan dan rawan pada ketinggian lebih dari 1.000 meter. Sedangkan wilayah yang tergolong aman dari bahaya erosi di DA Ci Tarum Hulu arealnya mencapai sekitar 30% dan umumnya merupakan satu kesatuan yang kompak, seperti di dataran Bandung dan dataran Cianjur.

Tabel 2. Luas Wilayah Prioritas Penanganan Bahaya Erosi Menurut DAS Ordo-3 (dalam ha.)

DAS Ordo-3	Prioritas I	Prioritas II
Ci Kapundung	1705	917
Ci Kundul	-	987
Ci Meta	269	1092
Ci Minyak	11	412
Ci Sangkeuy	152	849
Ci Soka	1581	10617
Ci Tarik	234	252
Ci Tarum-Ci Kao	43	1903
Ci Tarum Hulu	67	-
Ci Widey	3	547
Ci Tarum Hulu	4065	17576

Sumber : Hasil pengolahan data

3.4 Distribusi Wilayah Prioritas Penanganan Bahaya Erosi

Operasionalisasi teknik *buffering* pada peta jaringan sungai (ordo-2) dan peta tingkat bahaya erosi menghasilkan gambaran persebaran lokasi wilayah bahaya erosi (sangat tinggi dan tinggi) yang berada pada radius sampai dengan 1.000 meter dari badan sungai (peta 3).

Analisis spasial melalui korelasi peta potensi erosi pada radius 1.000 meter (peta 3) dengan peta tingkat pertumbuhan penduduk, yang disimulasikan dengan peta distribusi permukiman, memperlihatkan distribusi wilayah prioritas penanganan bahaya erosi, yang dibedakan menjadi tiga (3) kelas. Wilayah prioritas I terdapat di sekitar Waduk Cirata, tepatnya di daerah muara Ci Soka dan di daerah hulu Ci Kapundung. Sedangkan wilayah penanganan bahaya erosi prioritas II dapat dilakukan di beberapa lokasi, antara lain di sepanjang alur Ci Soka, alur hulu dan tengah, Ci Kundul dan Ci Meta, alur hulu Ci Widey dan Ci Sangkeuy, serta alur hilir Ci Tarum-Ci Kao dan Ci Kapundung (Peta 4). Rincian luas wilayah prioritas penanganan bahaya erosi menurut DAS ordo-2, dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3.
Luas Wilayah Bahaya Erosi (ha) pada
Radius kurang dari 1.000 meter

DAS Ordo-2	Radius 1000 Meter	
	Sangat Tinggi	Tinggi
Ci Kapundung	1068	3705
Ci Kundul	1160	3889
Ci Meta	894	3572
Ci Minyak	1033	331
Ci Sangkeuy	1143	1902
Ci Sokan	3955	44196
Ci Tarik	324	1400
Ci Tarum-Ci Kao	1705	5024
Ci Tarum Hulu	-	10207
Ci Widey	333	2541
Ci Tarum	11615	76763

Sumber : Hasil pengolahan data

Dalam konteks perlindungan waduk dari proses sedimentasi, dengan mengacu kepada distribusi spasial dan luas wilayah prioritas 1 sampai 3 pada masing-masing DAS ordo-2 di Ci Tarum, secara umum dapat dikatakan bahwa penanggulangan bahaya erosi DA Ci Sokan perlu mendapat perhatian lebih, dan sudah sewajarnya diutamakan realisasi pelaksanaannya. Realisasi penanggulangan bahaya erosi selanjutnya dapat dilakukan di DA Ci Tarum-Ci Kao, Ci Kundul dan Ci Widey.

KESIMPULAN

- Hanya sekitar sepertiga DA Ci Tarum yang sesungguhnya memiliki risiko erosi tinggi.
- Ada korelasi yang signifikan antara indeks vegetasi (NDVI) nilai bobot potensi erosi dengan $R^2 = 0,59$.
- Sebanyak 122 atau 44,2% DAS ordo-3 di DA Ci Tarum merupakan DAS dengan tingkat bahaya erosi (TBE) rawan dan sangat rawan. DAS ordo-3 dengan TBE sangat rawan umumnya berada di bagian hulu, kecuali yang berada di DA ordo-2 Ci Sokan dan Ci Widey.
- Wilayah penanganan bahaya erosi prioritas 1 terletak di sekitar muara Ci Sokan dan hulu Ci Kapundung, sedangkan wilayah prioritas 2 dan 3 terdapat di beberapa lokasi, terutama bagian hulu dan tengah alur Ci Sokan,

Ci Kundul, Ci Tarum-Ci Kao, Ci Widey dan Ci Meta.

DAFTAR PUSTAKA

Ahnert, F. (1998): Einfuehrung in die Geomorphologie. UTB fuer Wissenschaft, Ulmer, Stuttgart.

Anonimous (1987): Daerah Aliran Sungai Citarum, Pemetaan Tingkat Bahaya Erosi (TBE), Sub DAS Ci Tarik dan Sekitarnya. Depart. Kehutanan dan Bakosurtanal, Jakarta

Anonimous (1987): Daerah Aliran Sungai Citarum, Pemetaan Tingkat Bahaya Erosi (TBE), Sub DAS Cikapundung. Dept. Kehutanan dan Bakosurtanal, Jakarta

Anonimous (1995): ER Mapper Applications, Earth Resources Mapping Pty Ltd., San Diego

Anonimous (1998): Rencana Pengembangan Sumberdaya Air Wilayah Sungai Citarum. Lap. Akhir, Dirjen Pengairan, Dept. P.U.

Coster, Ch. (1938): Bovengrondsche Afstrooming en Erosie op Java. Boschbouwkundig Tijdschrift, Tectona,deel XXXI.

Froelich, J., D.Draeyer & M. Huber (1994): GIS-Methoden in der Landschaftoekologischen Raumbewertung mit einem Beispiel zur Bestimmung der Bodenerosionsgefaerdung. Die Erde, 125, 1-13.

Hammer, W.I. (1980): Soil Conservation Consultant Report. USDA.

Hudson, N.W. (1981): Soil Conservation, London, Batsford.

Kusratmoko, E. (1999) : Beziehungen zwischen Niederschlagsstruktur und Abflussverhalten, am Beispiel des Ci Liwung, auf West Java , Indonesien. Dissertation an der Fachbereich Geowissenschaften der Univ. Mainz.

Landwehr, C. (1996): GIS-gestuetzte Analyse von Massenbewegungen im Gunzesrieder Tal. Geoekodynamik, XVII, 99-138.

McKnight, Tom L. (1990): Physical Geography, a Landscape Appreciation. Prentice Hall, New Jersey.

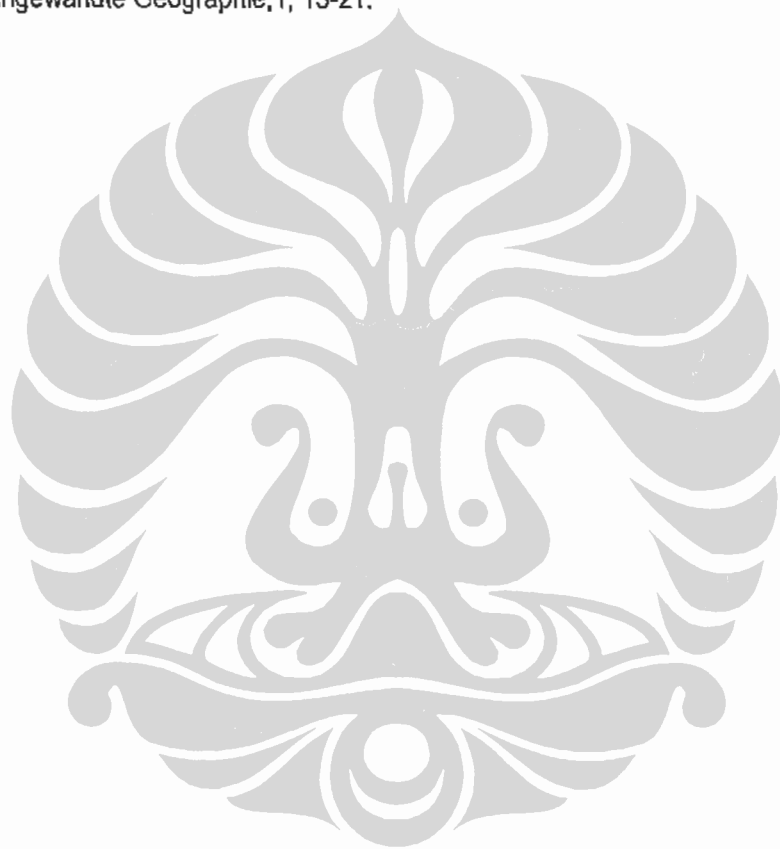
Morgan, R.C.P. (1974): Estimation regional variations in soil erosion hazard in Peninsular Malaysia. Malay. Nat. Journal 28: 94-106.

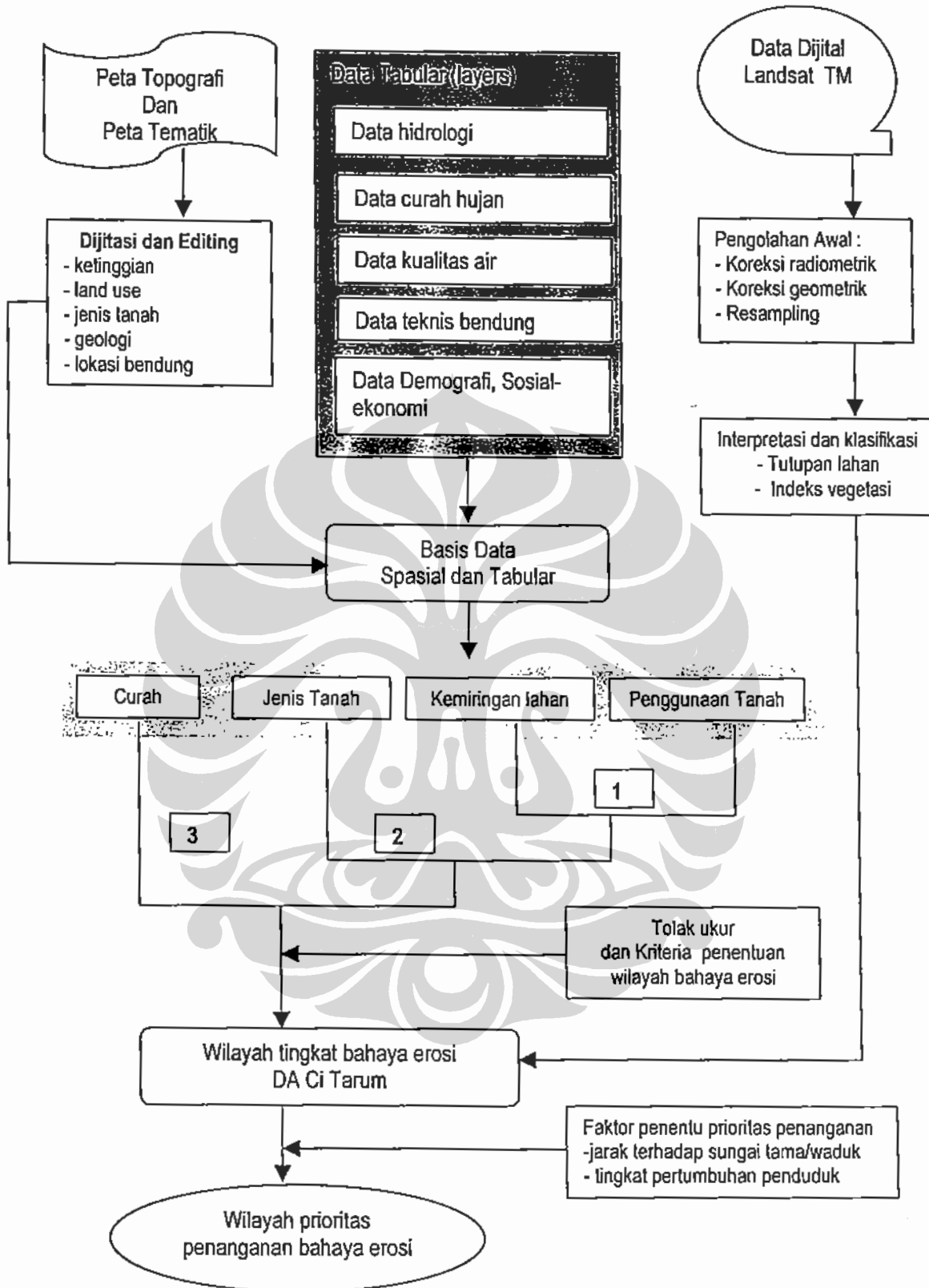
Rapp, A.,D.H. Murray-Rust, C. Christiansson & L. Berry (1972): Soil erosion and sedimentation in four catchment near Dodoma, Tanzania. Geogr. Annaler 54-A: 255-318.

Sandy, I Made (1978): Tanah Kritis. Publ. No. 48, , Direktorat Tata Guna Tanah, Depdagri. Jakarta.

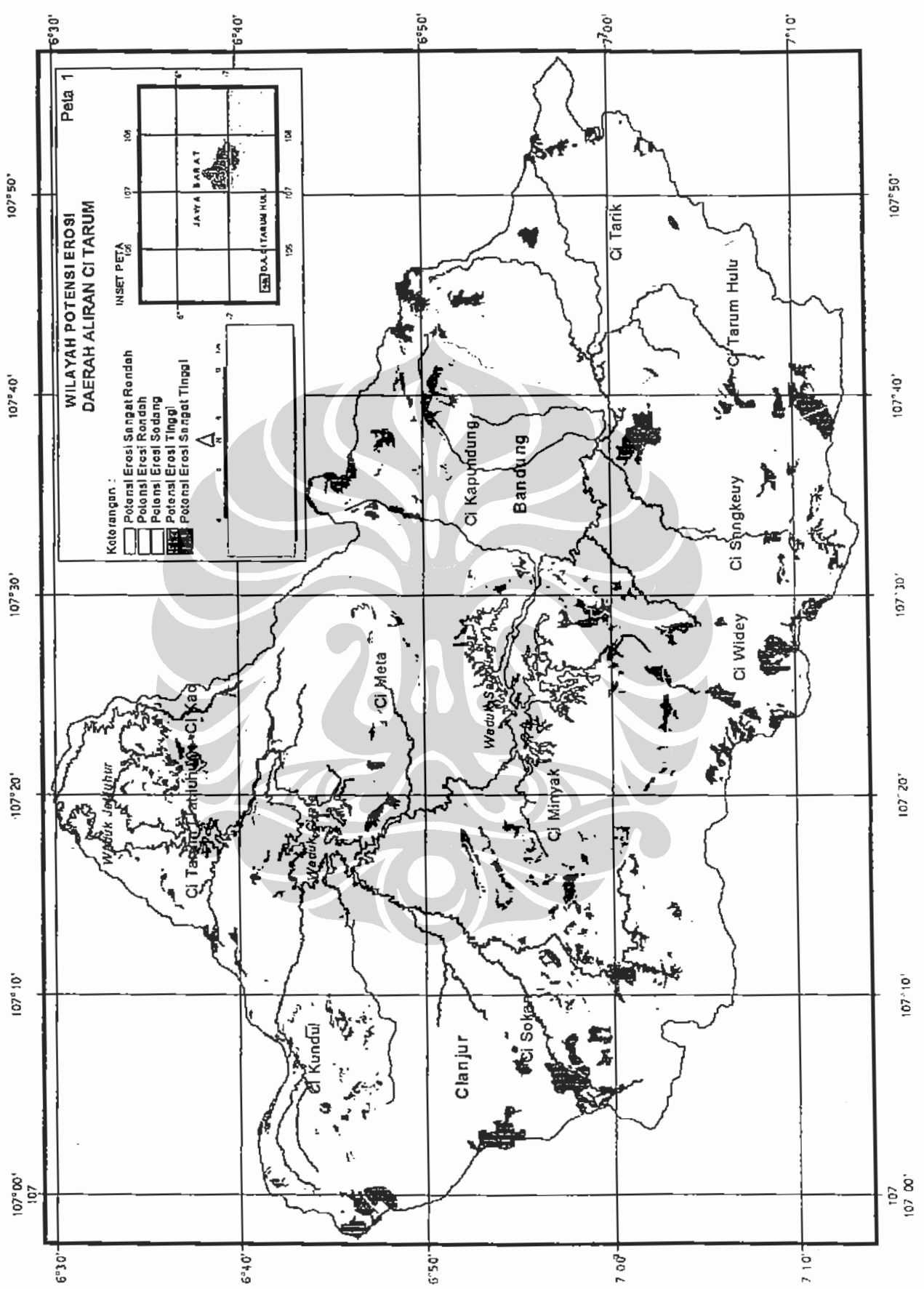
Sandy, I Made (1982): Penggunaan Tanah di Indonesia. Publ. No. 75, Direktorat Tata Guna Tanah, Depdagri. Jakarta.

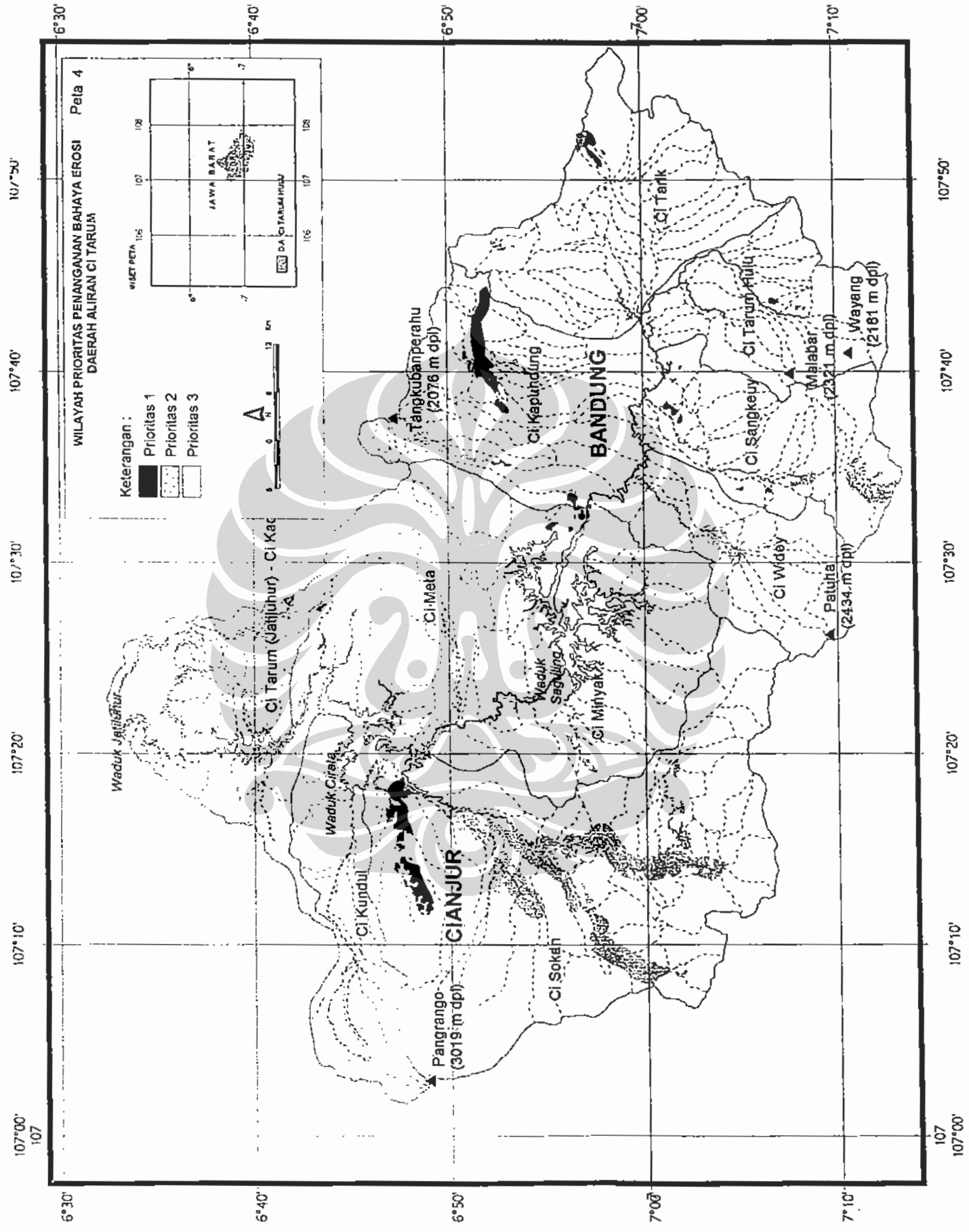
Thein, S. (1998): GIS-gestuetzte Ausweisung rutschungsgefaehrdeter Gebiete. Zeitschrift fuer Angewandte Geographie, 1, 13-21.





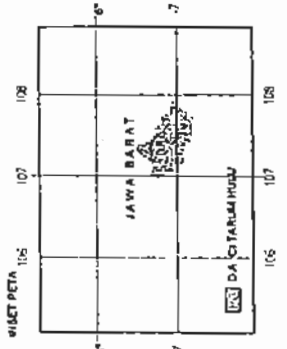
Gbr 1. Diagram Alur Penentuan Wilayah Prioritas Penanganan Bahaya Erosi berbasis SIG





WILAYAH PRIORITAS PENANGANAN BAHAYA EROSI
DAERAH ALIRAN CI TARUM **Peta 4**

- Keterangan :
- Prioritas 1
 - ▨ Prioritas 2
 - Prioritas 3



107°00' 107°10' 107°20' 107°30' 107°40' 107°50'

6°30' 6°40' 6°50' 7°00' 7°10'

107°00' 107°10' 107°20' 107°30' 107°40' 107°50'

Pangrango
(3019 m dpl)

Ci Kundul

Waduk Cirata

Ci Tarum (Jatuhur) - Ci Kac

Waduk Jatiluhur

Ci Mela

Waduk Saguling

Ci Kapundung

BANDUNG

Ci Sangkeuy

Ci Tarum Hulu

Ci Tank

Ci Widey

Malabar
(2321 m dpl)

Patuha
(2434 m dpl)

Wayang
(2181 m dpl)

Ci Sokéh

Ci Minyak