

**MODEL *EROSION HAZARD* UNTUK PENGELOLAAN
SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) CISOKAN
PROVINSI JAWA BARAT**



Tesis

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-2 pada
Program Studi Ilmu Lingkungan

**GITRI PRAWIJIWURI
NIM : 2108011040008**

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2011**

TESIS

**MODEL *EROSION HAZARD* UNTUK PENGELOLAAN
SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) CISOKAN
PROVINSI JAWA BARAT**

Disusun oleh

Gitri Prawijiwuri
21080110400008

Menyetujui,
Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Kedua

Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS

Ir. Wahyu Krisna Hidajat, MT

Ketua Program
Magister Ilmu Lingkungan,

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA

LEMBAR PENGESAHAN**MODEL *EROSION HAZARD* UNTUK PENGELOLAAN
SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) CISOKAN
PROVINSI JAWA BARAT**

Disusun oleh

Gitri Prawijiwuri
21080110400008

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal 20 September 2011
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Ketua

Tanda Tangan

Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS

.....

Anggota

1. Ir. Wahyu Krisna Hidajat, MT

.....

2. Ir. Sumarno, M.Si

.....

3. Ir. Mochtar Hadiwidodo, M.Si

.....

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister dari Program Magister ilmu Lingkungan seluruhnya merupakan hasil karya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Semarang, September 2011

Gitri Prawijiwuri

RIWAYAT HIDUP



Nama : Gitri Prawijiwuri
Tempat Lahir : Jakarta
Tanggal Lahir : 20 Mei 1982
Alamat : Komplek PU Mabad Jl. Akasia No. 127
RT 003/04 Rengas Ciputat, Tangerang
Selatan 15412 Banten

Penulis adalah seorang Pegawai Negeri Sipil di Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan Kementerian Kehutanan sejak tahun 2006. Dalam menempuh pendidikan, penulis menyelesaikan Sekolah Dasar di SD Negeri Kartika Putra I tahun 1994, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 178 Jakarta Selatan tahun 1997, Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 47 Jakarta Selatan tahun 2000 dan menyelesaikan S-1 di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Geografi Universitas Indonesia tahun 2005.

KATA PENGANTAR

Rasa Syukur tercurahkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia yang tak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang merupakan salah satu syarat untuk penyelesaian studi pada Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro. Judul tesis yang penulis susun adalah **“Model *Erosion Hazard* untuk Pengelolaan Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisokan Provinsi Jawa Barat”**. Penelitian ini penulis persembahkan untuk keluarga tercinta. Terima kasih atas segala dukungan, semangat, dan do’a yang selalu tercurahkan demi terselesaikannya tulisan ini.

Dalam penelitian ini disadari masih banyak kekurangan, tetapi harapan penulis penelitian ini dapat memberi manfaat dan pengetahuan baru bagi para pembaca. Tidak lupa rasa terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS, selaku Pembimbing Utama
2. Ir. Wahyu Khrisna Hidayat, MT, selaku Pembimbing II
3. Ir. Sumarno, M.Si dan Ir. Mochtar Hadiwidodo, M.Si, selaku Penguji
4. Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA, selaku Ketua Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro
5. Staf Pengajar dan Staf Administrasi Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro
6. Pimpinan dan staf Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas)
7. Pimpinan dan staf Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan Kementerian Kehutanan
8. Teman-teman mahasiswa Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Angkatan 27
9. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat penulis sebutkan satu persatu

Semarang, September 2011

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN.....	ii
RIWAYAT HIDUP	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR PETA	xii
DAFTAR ISTILAH	xiii
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Permasalahan	3
1.5. Hipotesis Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Landasan Teori	5
2.1.1 Sungai, DAS, dan Sub DAS	5
2.1.2. Pengelolaan DAS	6
2.1.3. Erosi dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya	7
2.1.4. Sedimen dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya	8
2.1.5. Curah Hujan.....	10
2.1.6. Topografi	12
2.1.7. Jenis Tanah	14
2.1.8. Tata Guna Lahan	17
2.2. Landasan Metode	21
2.2.1. Model Erosi Tanah	21
2.2.2. Model Calsite	21
2.2.3. Pengukuran Angkutan Sedimen di Sungai	24
2.3. Review Hasil Penelitian Terdahulu	25
2.3.1 Re-interpretasi Dataset USLE untuk Model Fisik Erosi di Selatan China dan Utara Thailand	25
2.3.2. Prediksi Sedimentasi Kali Mas Surabaya	26
2.4. Alur Pikir Penelitian	27
BAB III. METODE PENELITIAN	28
3.1. Pendekatan Penelitian	28

3.2.	Data yang Digunakan	28
3.3.	Alat	29
3.4.	Metode Pengumpulan Data	30
3.4.1.	Data Primer	30
3.4.1.1.	Pengecekan Lapangan Hasil Interpretasi Penutupan Lahan	30
3.4.1.2.	Pengukuran Debit Sungai, Konsentrasi dan Ukuran Partikel Sedimen	30
3.4.2.	Data Sekunder	31
3.5.	Metode Pengolahan Data	31
3.5.1	Interpretasi Penutupan Lahan dengan Citra Ikonos	31
3.5.2.	Interpretasi Penutupan Lahan dengan Citra Landsat 7ETM+	32
3.6.	Analisis Data	35
3.6.1.	Perhitungan Erosi dengan Model Calsite	35
3.6.2.	Uji Hipotesis	39
3.6.3.	Analisis Arahan Pengelolaan DAS	39
3.6.4.	Interpretasi Data	42
3.6.5.	Inferensi Pengambilan Keputusan	42
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1.	Gambaran Umum Daerah Penelitian	43
4.2.	Kondisi Fisik Sub DAS Cisokan	44
4.2.1.	Curah Hujan Sub DAS Cisokan	44
4.2.2.	Topografi Sub DAS Cisokan	46
4.2.3.	Jenis Tanah Sub DAS Cisokan	47
4.2.4.	Penutupan Lahan Sub DAS Cisokan	50
4.2.4.1.	Tahun 2000	50
4.2.4.2.	Tahun 2009	56
4.2.4.3.	Perubahan Penutupan Lahan Tahun 2000 – 2009	60
4.2.5.	Tingkat Erosi Berdasarkan Model USLE	61
4.2.6.	Penentuan <i>Caliberate Delivery Ratio</i> untuk Model Calsite	67
4.2.7	Penentuan Konstanta untuk Model Calsite	68
4.2.8.	Perhitungan Erosi Berdasarkan Model Calsite	71
4.2.9.	Analisis Alternatif Peutupan Lahan Berdasarkan Ketinggian, Iklim, dan Kemiringan Lereng dalam Rangka Pengelolaan Sub DAS Cisokan dan Keterkaitannya dengan Tingkat Erosi	81
4.2.9.1	Keterkaitan Alternatif Penutupan Lahan dengan Kawasan Hutan	81
4.2.9.2.	Kesesuaian Alternatif Penutupan Lahan terhadap Penutupan Lahan Sub Das Cisokan Tahun 2009	86
4.2.9.3.	Keterkaitan Tingkat Erosi terhadap Alternatif Penutupan Lahan sebagai Arahan Pengelolaan Sub DAS Cisokan	93
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN		101
5.1	Kesimpulan	101

5.2	Saran	101
5.2.1	Saran Akademik	101
5.2.2	Saran Praktis	102
DAFTAR PUSTAKA		105
LAMPIRAN		111

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Hubungan kecepatan, diameter, dan intensitas hujan terhadap pelepasan partikel	11
Tabel 2. Nilai faktor lereng untuk beberapa kombinasi kemiringan dan panjang lereng	13
Tabel 3. Penilaian kelas lereng dan faktor LS	13
Tabel 4. Erodibilitas beberapa macam tanah berdasarkan bahan induk	15
Tabel 5. Nilai erodibilitas (K) jenis tanah yang umum dijumpai di Indonesia	16
Tabel 6. Prakiraan nilai K untuk jenis tanah di daerah tangkapan air Jatiluhur, Jawa Barat	17
Tabel 7. Prakiraan nilai C	19
Tabel 8. Prakiraan nilai P untuk berbagai tindakan konservasi	20
Tabel 9. Nilai faktor CP berbagai jenis penutupan lahan (Asdak, 2004)	20
Tabel 10. Nilai konstanta a dan b berdasarkan ukuran sedimen dan jenis aliran	24
Tabel 11. Sistem klasifikasi penutupan lahan	33
Tabel 12. Kriteria tingkat erosi tanah	39
Tabel 13. Alternatif penutupan lahan menurut ketinggian, iklim, dan kemiringan lereng	40
Tabel 14. Penentuan bulan basah dan bulan kering menurut Mohr dan Oldeman	41
Tabel 15. Klasifikasi iklim berdasarkan Smith Fergusson	41
Tabel 16. Topografi Sub DAS Cisokan	47
Tabel 17. Jenis tanah Sub DAS Cisokan	48
Tabel 18. Penutupan lahan Sub DAS Cisokan tahun 2000	51
Tabel 19. Luas penutupan lahan tahun 2000 menurut ketinggian (Ha)	52
Tabel 20. Luas penutupan lahan tahun 2000 menurut kelas lereng (Ha)	53
Tabel 21. Luas penutupan lahan tahun 2000 menurut fungsi kawasan hutan (Ha)	55
Tabel 22. Penutupan lahan Sub DAS Cisokan tahun 2009	56
Tabel 23. Luas penutupan lahan tahun 2009 menurut ketinggian (Ha)	57
Tabel 24. Luas penutupan lahan tahun 2009 menurut kelas lereng (Ha)	58
Tabel 25. Luas penutupan lahan tahun 2009 menurut fungsi kawasan hutan (Ha)	59
Tabel 26. Matrik perubahan lahan tahun 2000 – 2009 (Ha)	60
Tabel 27. Persentase penutupan lahan tahun 2000 menurut tingkat erosi (Model USLE)	65
Tabel 28. Persentase penutupan lahan tahun 2009 menurut tingkat erosi (Model USLE)	68
Tabel 29. Penutupan lahan tahun 2000 menurut tingkat erosi (Model Calsite) .	72
Tabel 30. Keterkaitan faktor curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah dan penutupan lahan pada tingkat erosi berat tahun 2000.....	73

Tabel 31. Keterkaitan faktor curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah dan penutupan lahan pada tingkat erosi sangat berat tahun 2000	75
Tabel 32. Penutupan lahan tahun 2009 menurut tingkat erosi (Model Calsite) .	77
Tabel 33. Keterkaitan faktor curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah dan penutupan lahan pada tingkat erosi berat tahun 2009.....	78
Tabel 34. Keterkaitan faktor curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah dan penutupan lahan pada tingkat erosi sangat berat tahun 2009	80
Tabel 35. Matrik penilaian kesesuaian antara penutupan lahan tahun 2009 terhadap alternatif penutupan lahan	87
Tabel 36. Persentase kesesuaian penutupan lahan tahun 2009 terhadap alternatif penutupan lahan	87
Tabel 37. Persentase tingkat erosi menurut alternatif penutupan lahan	94
Tabel 38. Persentase alternatif penutupan lahan dengan penutupan lahan aktual yang mengalami erosi moderat, berat dan sangat berat di Sub DAS Cisokan	95

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Alur metode penelitian.....	27
Gambar 2. Ilustrasi penampang melintang sungai	30
Gambar 3. Pola curah hujan bulanan tahun 2000 – 2009	45
Gambar 4. Tingkat erosi (Model USLE) Sub DAS Cisokan tahun 2000	62
Gambar 5. Tingkat erosi (Model USLE) tahun 2000 menurut kelas lereng ...	65
Gambar 6. Tingkat erosi (Model USLE) Sub DAS Cisokan tahun 2009	66
Gambar 7. Tingkat erosi (Model USLE) tahun 2009 menurut kelas lereng ...	68
Gambar 8. Peralatan pengukuran debit sungai	120
Gambar 9. Alat ukur sedimen standar tipe USDH-48	120
Gambar 10. Pengukuran debit dan sedimentasi Sungai Cisokan	121
Gambar 11. Sampel sedimentasi melayang dan dasar Sungai Cisokan	121
Gambar 12. Lahan sawah pada kemiringan lereng 0 – 8%	122
Gambar 13. Lahan sawah pada keniringan lereng >8%	122
Gambar 14. Pertanian lahan kering campur (Desa Cibeber)	123
Gambar 15. Pertanian lahan kering (Desa Citamiang)	123
Gambar 16. Perkebunan ter Gunung Kencana	124
Gambar 17. Pengambilan hasil produksi kayu	124

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Ringkasan Eksekutif	111
Lampiran 2. Penampang basah sungai pada lokasi pengukuran sedimentasi di Sungai Cisokan	116
Lampiran 3. Kartu pengukuran debit Sungai Cisokan	117
Lampiran 4. Analisis hasil sedimen	118
Lampiran 5. Penentuan ukuran butir sedimen dasar Sungai Cisokan	119
Lampiran 6. Dokumentasi lokasi penelitian (Sub DAS Cisokan)	120
Lampiran 7. Peta-peta daerah penelitian (sub DAS Cisokan)	125

DAFTAR PETA

	Halaman
Peta 1. Admistrasi pada Sub DAS Cisokan Provinsi Jawa Barat	125
Peta 2. Erosivitas hujan Sub DAS Cisokan Provinsi Jawa Barat	126
Peta 3. Klasifikasi hujan menurut Fergusson Sub DAS Cisokan Provinsi Jawa Barat	127
Peta 4. Kelas ketinggian Sub DAS Cisokan Provinsi Jawa Barat	128
Peta 5. Digital Elevation Model (DEM) Sub DAS Cisokan Provinsi Jawa Barat	129
Peta 6. Kelas lereng Sub DAS Cisokan Provinsi Jawa Barat	130
Peta 7. Jenis tanah Sub DAS Cisokan Provinsi Jawa Barat	131
Peta 8. Penutupan lahan kawasan hutan tahun 2000 Sub DAS Cisokan Provinsi Jawa Barat	132
Peta 9. Penutupan lahan kawasan hutan tahun 2009 Sub DAS Cisokan Provinsi Jawa Barat	133
Peta 10. <i>Caliberate delivery ratio</i> Sub DAS Cisokan Provinsi Jawa Barat	134
Peta 11. Tingkat erosi (Model Calsite) tahun 2000 Sub DAS Cisokan Provinsi Jawa Barat	135
Peta 12. Tingkat erosi (Model Calsite) tahun 2009 Sub DAS Cisokan Provinsi Jawa Barat	136
Peta 13. Alternatif penutupan lahan Sub DAS Cisokan Provinsi Jawa Barat ...	137
Peta 14. Kesesuaian penutupan lahan aktuan dengan alternatif penutupan lahan Sub DAS Cisokan Provinsi Jawa Barat	138
Peta 15. Gerakan nasional rehabilitasi hutan dan lahan Sub DAS Cisokan Provinsi Jawa Barat	139
Peta 16. Usulan pengelolaan untuk mengurangi tingkat erosi tanah Sub DAS Cisokan Provinsi Jawa Barat	140

DAFTAR ISTILAH

<i>erosion hazard</i>	Penggambaran derajat potensi erosi di suatu daerah dan cerminan efek gabungan antara erosivitas dan erodibilitas
<i>sediment yield</i>	Besaran sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu
<i>detachment</i>	Pengelupasan/pengikisan partikel tanah menjadi butiran yang lebih kecil oleh daya jatuh hujan atau air permukaan
<i>transportation</i>	Pengangkutan/penghanyutan partikel-partikel tanah yang telah lepas dari agregatnya
<i>sedimentation</i>	Pengendapan partikel tanah yang terangkut oleh aliran permukaan di tempat-tempat yang datar
<i>runoff</i>	Aliran air di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah
<i>sediment delivery ratio</i>	Nisbah jumlah sedimen yang terbawa oleh sungai dari suatu daerah terhadap jumlah tanah yang tererosi dari daerah tersebut
<i>gerlach troughs/soilpan</i>	Plot limpasan ekperimental
<i>wash load</i>	Bagian dari total suspended load yang lebih halus dari material dasar
<i>suspended load</i>	Mencakup suspended bed material load dan wash load. Sedimen yang bergerak dalam suspensi
<i>bed load</i>	Gerakan material di atau dekat dasar sungai dengan gerakan berguling, bergelincir atau melompat
<i>suspended sediment-discharge rating curve</i>	Lengkung laju debit-sedimen
<i>hydrometeor</i>	Partikel-partikel air dengan diameter 0,5 mm atau lebih yang berupa hujan

<i>thiessen polygon</i>	Teknik perhitungan curah hujan harian, bulanan dan tahunan di suatu wilayah dengan teknik poligon Thiessen
<i>isohyets</i>	Garis yang menghubungkan tempat-tempat dengan jumlah curah hujan yang sama
<i>inverse distance</i>	Teknik perhitungan curah hujan dengan asumsi bahwa rata-rata tertimbang dari titik terdekat yang memiliki pengaruh lebih besar dari pada titik yang lebih jauh
<i>kriging</i>	Suatu teknik untuk melakukan analisis interpolasi
<i>calibrate delivery ratio</i>	Nilai kaliberasi pada perhitungan erosi menggunakan model calsite yang ditentukan oleh faktor curah hujan, lereng dan nilai <i>overland flow path</i>
<i>overland flow path</i>	Penilaian nilai <i>pixel</i> yang dilewati oleh aliran permukaan menggunakan <i>digital elevation data</i>
<i>digital elevation data</i>	Penyajian koordinat (X, Y, H) dari titik-titik secara digital, yang mewakili bentuk topografi suatu muka bumi
<i>high flow path</i>	Bagian atas dari area aliran permukaan
<i>low flow path</i>	Bagian bawah dari area aliran permukaan
<i>current meter counter</i>	Alat untuk menghitung jumlah putaran baling pada perhitungan kecepatan aliran sungai
<i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i>	Pemindaian multispektral yang mampu memberikan informasi pencitraan permukaan bumi resolusi tinggi yang terdiri dari delapan band

ABSTRAK

Sub daerah aliran sungai (DAS) Cisokan merupakan salah satu Sub DAS Citarum yang berada di bagian hulu. Dalam pengelolaan dan perlindungan DAS, bagian hulu sungai merupakan bagian yang berfungsi sebagai daerah konservasi, tangkapan hujan dan mempertahankan lingkungan DAS agar tidak terdegradasi. Sasaran pengelolaan DAS meliputi erosi tanah terkendali, hasil air optimal, dan produktivitas dan daya dukung lahan terjaga. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tingkat erosi tanah di Sub DAS Cisokan dan arahan pengelolaannya berdasarkan kriteria alternatif penutupan lahan. Erosi dihitung menggunakan konsep pemodelan *calsite* dimana erosi merupakan hasil perkalian besarnya erosi berdasarkan *USLE*, *delivery index*, *caliberated delivery ratio* dan konstanta. Kajian arahan pengelolaan DAS dilakukan berdasarkan alternatif pengelolaan lahan yang dikaitkan dengan tingkat erosi. Dari data tahun 2000 – 2009 dan pengamatan lapangan pada Juni 2010, menunjukkan bahwa tingkat erosi tahun 2000 didominasi tingkat normal yaitu sebesar 88,97% (<15 ton/ha/tahun) sedangkan tingkat erosi berat sebesar 0,98% dan sangat berat 0,07%. Nilai tersebut meningkat di tahun 2009 menjadi 1,05% dan 0,1%, hal tersebut disebabkan karena berkurangnya luasan hutan menjadi pertanian lahan kering campur bahkan pemukiman dan lahan terbuka. Terdapat sepuluh alternatif penutupan lahan yaitu kawasan konservasi dan lindung (17,7%), hutan produksi tetap yang berfungsi lindung (4,9%), hutan produksi terbatas yang berfungsi lindung (0,1%), hutan produksi tetap (9%), hutan produksi terbatas (1,5%), tanaman tahunan sistem agroforestri intercropping tanaman semusim lahan kering (2,9%), tanaman tahunan ditanam menurut kontur (2,9%), tanaman semusim lahan kering intercropping tanaman tahunan (6,6%), tanaman semusim lahan kering (3,1%), dan pertanian semusim lahan basah (51,5%). Untuk mengurangi tingkat erosi, arahan pengelolaan dapat berupa reboisasi, rehabilitasi hutan melalui hutan kemitraan dan hutan rakyat. Penerapan pola kebun campuran, agroforestri, dan silvikultur, serta pengelolaan lahan dengan cara vegetasi maupun mekanik diharapkan mampu memperkecil tingkat erosi sebagai upaya pencegahan degradasi lahan.

Kata Kunci : erosi, model *calsite*, kawasan hutan, penutupan lahan

ABSTRACT

Cisokan sub river basin is one of sub river basin of Citarum, which is situated at the river upstream. In the river flow management and protection, upstream is a part of the river, which functions as conservation area, rain storage and environmental protection of the river flow to prevent land degradation. The target of the river basin management include controlled land erosion, optimal water product, and land productivity and support. This research aimed to analyze land erosion rate at the Cisokan sub river basin and its management projection according to alternative criteria of land covering. The erosion rate was calculated by using calcite modeling in which erosion is the result of its multiplication based on USLE, delivery index, calibrated delivery ratio and constant. The projection analysis of the river basin management was performed according to land management alternative related to erosion rate. According to 2000-2009 data and field observation of July 2010 data, the 2000 erosion was dominated by a normal rate up to 88.97% (<15 tons/ha/year) whereas the heavy erosion rate was 0.98% and very heavy erosion rate was 0.07%. By 2009, these figures had escalated to 1.05% and 0.1% due to the reduction of forest area for mixed agricultural area, settlement, and open soil. There were ten alternatives of land covering such as conservation and protection area (17.7%), fixed production forest for land protection (4.9%), limited production forest for land protection (0.1%), fixed production forest (9%), limited production forest (1.5%), annual plant using agroforestry intercropping with dry land seasonal plant (2.9%), annual plant are planted according to the contour (2.9%), dry land seasonal plant intercropping annual plant (6.6%), dry land seasonal plant (3.1%), and wet land seasonal agriculture (51.5%). In order to reduce erosion, the management was projected to reforestation and forest rehabilitation through community forest. The application of mixed plantation, agroforestry, and silviculture, as well as vegetation and mechanical land management were all expected to reduce the erosion rate as an effort to prevent land degradation.

Keywords: erosion, calsite model, forest, land covering

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penduduk Provinsi Jawa Barat setiap tahunnya mengalami pertumbuhan. Menurut data statistik, laju pertumbuhan penduduk Provinsi Jawa Barat pada tahun 2010 mencapai 42,555 jiwa. Dengan angka tersebut, Provinsi Jawa Barat merupakan provinsi dengan laju pertumbuhan penduduk tertinggi di Indonesia. Salah satu kawasan yang strategis, pesat terhadap pertumbuhan penduduk dan perkembangan pembangunan adalah kawasan Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum.

DAS Citarum merupakan DAS terpanjang dan terbesar di Jawa Barat, memiliki dua belas Sub DAS di bagian hulu, lima Sub Das di bagian hilir dan tiga waduk yaitu Saguling, Cirata dan Jatiluhur. Sungai Citarum berperan bagi kehidupan sosial ekonomi masyarakat khususnya di Jawa Barat dan DKI Jakarta. Citarum digunakan sebagai sumber air baku, irigasi pertanian, perikanan, pembangkit tenaga listrik, serta sebagai pemasok untuk kegiatan Industri.

Untuk tujuan pengelolaan dan perlindungan, DAS dibagi menjadi tiga bagian yaitu hulu, tengah dan hilir (Bisri, 2009). Masing-masing bagian memiliki fungsinya sendiri, salah satunya adalah bagian hulu yang berfungsi sebagai daerah konservasi, tangkapan hujan dan mempertahankan lingkungan DAS agar tidak terdegradasi. Salah satu Sub DAS Citarum bagian hulu adalah Sub DAS Cisokan. Sub DAS Cisokan memiliki peran penting sebagai daerah tangkapan hujan, sedangkan aliran Cisokan dimanfaatkan sebagai sumber pengelolaan air.

Saat ini, Sungai Cisokan direncanakan akan dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan akan menjadi *pumped storage* pertama yang di bangun di Indonesia. Melihat akan peran penting Sub DAS Cisokan sebagai daerah konservasi dan penunjang penyediaan kelistrikan khususnya Pulau Jawa, maka penelitian tentang kondisi fisik Sub DAS Cisokan menjadi sangat penting.

Erosi merupakan salah satu aspek dalam pengelolaan DAS, oleh karena itu kajian mengenai potensi erosi tanah akibat dari perubahan penutupan lahan

menjadi sangat penting khususnya pada daerah hulu yang merupakan daerah konservasi DAS. Perhitungan besaran erosi tanah dengan diikuti penilaian terhadap sedimentasi sungai, akan memberi manfaat dalam upaya evaluasi dampak pemanfaatan lahan demi perbaikan ekosistem suatu DAS atau Sub DAS.

Pengelolaan DAS merupakan suatu bentuk pengembangan dan pemanfaatan wilayah dengan tujuan meningkatkan produksi sumber daya alam secara optimum dan berkelanjutan (Bisri, 2009). Pemanfaatan sumber daya alam pada suatu DAS secara garis besar dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu pemanfaatan sumber daya tanah dalam artian lahan dan sumber daya air (Lukman dan Eko, 2009). Pengelolaan DAS merupakan upaya yang dilakukan untuk menekan seminimal mungkin kerusakan lahan. Tetapi pada kenyataannya, aktivitas pemanfaatan lahan mengakibatkan perubahan penggunaan dan tata guna lahan pada kurun waktu tertentu yang selanjutnya dapat mengakibatkan degradasi DAS.

1.2. Perumusan Masalah

Erosi dan sedimentasi sungai disebabkan oleh banyak faktor, baik bersifat alami maupun aktivitas manusia yaitu perubahan penutupan lahan sebagai representasi kegiatan manusia. Fenomena dan fakta ini secara asumptif terjadi di Sub DAS Cisokan yang merupakan salah satu Sub DAS Citarum. Dengan asumsi tersebut maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan diteliti meliputi :

1. Bagaimana tingkat erosi tanah di Sub DAS Cisokan?
2. Bagaimana arahan pengelolaan Sub DAS Cisokan berdasarkan kriteria alternatif penutupan lahan?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji tingkat erosi tanah di Sub DAS Cisokan dan arahan pengelolaannya berdasarkan kriteria alternatif penutupan lahan.

1.4. Batasan Permasalahan

1. Daerah penelitian meliputi pada Sub DAS Cisokan.
2. Sub DAS merupakan batas imajiner yaitu batas alam dari punggung bukit yang memberikan gambaran bahwa jatuhnya air hujan akan bermuara pada satu outlet yang sama.
3. Aspek iklim pada penelitian ini adalah curah hujan. Data curah hujan yang digunakan untuk analisis adalah data curah hujan bulanan dari stasiun curah hujan yang berlokasi di daerah penelitian.
4. Aspek geofisik pada penelitian ini adalah jenis tanah dan topografi.
5. Penutupan lahan merupakan hasil interpretasi Citra Landsat 7ETM+ resolusi 15 meter dengan verifikasi menggunakan Citra Ikonos resolusi 4 meter dan pengamatan lapangan.
6. Pengukuran hidrologi sungai dan konsentrasi sedimen dilakukan pada satu lokasi yaitu aliran Cisokan yang merupakan outlet Cisokan atau inlet Waduk Cirata.
7. Model erosi yang digunakan pada penelitian ini adalah Model Calsite yaitu merupakan gabungan antara model empiris USLE, suatu konstanta yang diperoleh dari hasil pengukuran sedimentasi pada outlet sungai serta nilai kalibrasi dari hasil analisis data raster.
8. Model Calsite merupakan suatu model erosi yang bertujuan untuk menghitung erosi di atas permukaan tanah. Pada penelitian ini, hasil perhitungan erosi calsite tidak diverifikasi dengan pengukuran erosi tanah langsung di lapangan sehingga penelitian ini tidak bertujuan untuk mengukur tingkat akurasi Model Calsite.
9. Data sekunder mengenai kondisi fisik suatu wilayah di Indonesia seringkali tidak tersedia dalam skala besar (detail) untuk wilayah yang luas sehingga perhitungan erosi Model Calsite pada penelitian ini menggunakan data sekunder skala terbesar yang tersedia pada instansi terkait.
10. Pemilihan tahun pengamatan yaitu 2000 dan 2009 didasarkan pada pemakaian data curah hujan memerlukan kurun waktu yang relatif panjang

yaitu 10 tahun atau lebih. Selain itu keterkaitan dengan data sekunder yang ada di instansi terkait belum mencakup tahun terkini yaitu 2011.

1.5. Hipotesis Penelitian

Secara umum, erosi ditentukan oleh faktor iklim terutama intensitas hujan, topografi, karakteristik tanah, vegetasi penutup dan tata guna lahan (Asdak, 2004). Dari sekian faktor tersebut, faktor vegetasi dan tataguna lahan merupakan faktor yang paling dinamis khususnya dipengaruhi oleh kegiatan manusia.

Hasil sedimentasi (*sediment yield*) adalah besaran sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu. Hasil sedimentasi biasanya diperoleh dari pengukuran sedimen terlarut di sungai atau pengukuran langsung di dalam waduk (Asdak, 2004).

Berdasarkan teori tersebut, maka hipotesis penelitian adalah diduga terdapat perbedaan tingkat erosi yang disebabkan adanya perbedaan dan perubahan penutupan lahan pada kurun waktu tertentu. Konsentrasi sedimentasi melayang digunakan sebagai kalibrasi perhitungan erosi berdasarkan data sekunder dan pengukuran di lapangan sehingga meminimasi bias.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori

2.1.1. Sungai, DAS dan Sub DAS

Sungai merupakan sistem perairan permukaan. Menurut Maryono (2005a) bahwa dari sudut pandang ekologi, wilayah keairan dibedakan menjadi dua yaitu wilayah keairan diam (tidak mengalir) dan wilayah keairan dinamis (mengalir). Wilayah keairan mengalir merupakan suatu ekosistem yang terbuka dengan faktor dominan adalah aliran air. Yang termasuk wilayah keairan yang mengalir adalah sungai permukaan, sungai bawah tanah, laut dengan arus lautnya dan lainnya.

Ekosistem sungai merupakan ekosistem yang kompleks yaitu mencakup keseluruhan wilayah tangkapan air berdasarkan batas-batas fisik muka bumi yang dikenal dengan daerah aliran sungai (DAS). Oleh karena itu untuk mempelajari perencanaan pembangunan wilayah, sungai tidak bisa dikelola secara isolatif di suatu areal tertentu saja (lokal), namun harus secara integral mencakup seluruh faktor baik dari hulu maupun hilir (Maryono, 2005b). DAS dan Sub DAS pada dasarnya memiliki pengertian yang sama, yang membedakan adalah sub DAS merupakan bagian dari DAS. DAS merupakan daratan yang dibatasi oleh topografi yaitu punggung bukit atau pegunungan yang menampung, menyimpan dan mengalirkan air hujan ke laut atau danau melalui satu sungai utama (Bisri, 2009).

Salah satu langkah dalam perencanaan pengelolaan DAS adalah perlu diketahui lebih dahulu kondisi hidrologi setempat. Kondisi hidrologi dipengaruhi oleh distribusi curah hujan yang menjadi aliran langsung, sifat hujan dan sifat fisik permukaan DAS (Murtiono, 2008). Model ekosistem DAS memberikan perhatian khusus dalam atribut sistem transfer air maupun sedimen. Oleh karena itu fungsi regulasi DAS digunakan untuk mengatur konservasi dinamika alami dari suatu dataran banjir, lahan basah, sungai dan lereng yang memberi sumbangan bagi komponen aliran air dan sedimen (Newson, 1997).

2.1.2. Pengelolaan DAS

Pengelolaan DAS merupakan suatu bentuk pengembangan dan pemanfaatan wilayah yang menempatkan DAS sebagai unit pengelolaan sumber daya alam dengan tujuan meningkatkan produksi yang ada pada DAS tersebut secara optimum dan berkelanjutan (Bisri, 2009). Upaya yang dilakukan adalah dengan menekan kerusakan seminimal mungkin agar distribusi aliran air sungai dapat merata sepanjang tahun.

Pengelolaan DAS adalah suatu kegiatan yang tidak bisa dibatasi oleh batas administrasi, tetapi merupakan pengelolaan yang dilakukan secara menyeluruh mulai dari hulu sampai ke hilir. Beberapa aktivitas pengelolaan DAS yang diselenggarakan di daerah hulu seperti pengelolaan lahan di daerah hulu yang mendorong terjadinya erosi, pada akhirnya dapat menimbulkan dampak di daerah hilir yaitu pendangkalan sungai akibat sedimentasi hasil erosi tanah di bagian hulu (Asdak, 2004).

Pengelolaan DAS mempunyai arti yang cukup luas, termasuk di dalamnya pengertian penatagunaan tanah dan kegiatan pemanfaatan tanah dan ruang yang memanfaatkan air secara optimal serta pencegahan banjir, erosi dan kekeringan dengan indikator kemandapan air sungai dan kualitasnya (Darajati, 2001). Menurut Asdak (2004), ada tiga sasaran umum yang ingin dicapai dalam pengelolaan DAS yaitu rehabilitasi lahan terlantar atau lahan yang produktif tetapi dikelola dengan cara yang tidak mengindahkan prinsip-prinsip konservasi tanah dan air, perlindungan terhadap terjadinya erosi dan atau tanah longsor atau lahan-lahan yang diperkirakan memerlukan tindakan rehabilitasi di kemudian hari dan peningkatan dan pengembangan sumber daya air.

Pengelolaan DAS tidak terlepas dari manajemen sumber daya lahan. Menurut Lal (1995) dalam Arsyad dan E. Rustiadi (2008), manajemen sumber daya lahan pada dasarnya adalah menerapkan cara-cara pemeliharaan lahan per unit area melalui upaya peningkatan kualitas tanah dan perbaikan karakteristik lingkungan sehingga lahan selalu berada pada keadaan produktivitas tinggi. Ciri utama penutupan lahan berkelanjutan adalah sebagai berikut :

1. Penggunaan sumber daya lahan yang berorientasi jangka panjang

2. Dapat memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan potensi untuk masa depan
3. Pendapatan perkapita meningkat
4. Kualitas dapat dipertahankan bahkan ditingkatkan
5. Dapat mempertahankan produktivitas dan kemampuan lahan
6. Mampu mempertahankan lingkungan dan ancaman degradasi

2.1.3. Erosi dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya

Erosi adalah proses penghanyutan tanah oleh desakan-desakan atau kekuatan air dan angin, baik yang berlangsung secara alamiah ataupun sebagai akibat dari kegiatan manusia (Kartasapoetra, dkk, 2005). Sehubungan dengan proses terjadinya erosi secara alamiah dan percepatan manusia, penyebab dan faktor yang mempengaruhi besarnya laju erosi adalah iklim, tanah, kewilayahan (topografi), tanaman penutup tanah (vegetasi) dan jenis kegiatan manusia (Kartasapoetra, dkk, 2005).

Menurut Asdak (2004), proses erosi terdiri dari tiga tahap berurutan yaitu pengelupasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*) dan pengendapan (*sedimentation*). Agen pelepasan tanah yang penting adalah tetesan butir hujan yang jatuh ke permukaan tanah. Tetesan itu akan memukul permukaan tanah, mengakibatkan gumpalan tanah menjadi butir-butir yang lebih kecil dan terlepas (Vadari, dkk, 2004).

Peningkatan *runoff* secara signifikan akan meningkatkan erosi pada lahan (Suhartanto, dkk, 2004). Limpasan permukaan mempunyai energi untuk mengikis dan mengangkut partikel-partikel tanah yang telah dihancurkan (Bisri, 2004). Menurut Wischmeier dan Smith (1965) dalam Salim, dkk (2006) menyimpulkan bahwa besarnya erosi pada titik kontrol suatu DAS sebanding dengan erosi gros dikalikan dengan ratio pelepasan sedimen (*sediment delivery ratio*). Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam metode ini antara lain erosivitas hujan, erodibilitas tanah, panjang dan kemiringan lereng, konservasi tanah dan pengelolaan tanaman, laju erosi potensial, laju erosi aktual dan laju sedimentasi potensial.

Metode pendugaan erosi untuk luas DAS yang lebih besar, salah satunya diungkapkan oleh Brown et al (1996), Morgan (1990) dan Hudson (1993) dalam Sa'ad (2004), yaitu menggunakan *gerlach troughs* atau *soilpan* yang dilakukan pada berbagai kondisi panjang dan kemiringan lereng serta sistem pertanaman yang berbeda. Metode pendugaan erosi banyak berkembang, salah satu yang banyak digunakan di Indonesia adalah menggunakan persamaan matematis seperti yang dikemukakan oleh Wischmeier dan Smith (1978) dalam Asdak (2004) yang dikenal sebagai persamaan USLE.

Dalam rumus USLE faktor yang mempengaruhi erosi adalah faktor erosivitas curah hujan dan air larian untuk daerah tertentu (R), faktor erodibilitas tanah untuk horizon tanah tertentu (K) dan merupakan kehilangan tanah per satuan luas untuk indeks erosivitas tertentu, faktor panjang kemiringan lereng yang tidak mempunyai satuan (L), faktor gradien (beda) kemiringan yang tidak mempunyai satuan (S), faktor pengelolaan dan cara bercocok tanam yang tidak mempunyai satuan (C) dan faktor praktek konservasi tanah secara mekanik yang tidak mempunyai satuan (P). Perkiraan erosi atau besarnya kehilangan tanah per satuan luas lahan (A) berdasarkan rumus USLE dijabarkan dengan persamaan (Wischmeier dan Smith, 1978 dalam Asdak, 2004):

$$A = R K L S C P \dots\dots\dots (1)$$

2.1.4. Sedimentasi dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya

Hasil sedimen (*sediment yield*) biasanya diperoleh dari pengukuran sedimen terlarut dalam sungai (*suspended sediment*). Besarnya ukuran sedimen yang terangkut ditentukan oleh interaksi faktor-faktor yaitu ukuran sedimen yang masuk ke badan air, karakteristik saluran, debit dan karakteristik fisik partikel sedimen (Asdak, 2004). Menurut Strand dan Pemberton (1982) dalam Zukarnain, dkk (2010) beberapa faktor yang mempengaruhi hasil *sediment yield* yang terangkut antara lain jumlah hujan dan intensitasnya, tipe tanah dan formasi geologinya, tutupan lahan, tata guna lahan, topografi (kemiringan, bentuk dan panjang lereng, kerapatan saluran), karakteristik sedimen (ukuran butiran dan kandungan mineral organik), karakteristik hidrologi saluran/sungai.

Menurut Arsyad (2010), erosi yang terbawa oleh aliran sungai pada muara DAS lebih kecil dari erosi yang terjadi pada suatu lahan dan sedimentasi yang terukur di muara DAS tergantung pada jumlah dan kecepatan aliran permukaan penutupan lahan, kemiringan lereng dan luas DAS. Kapasitas angkutan sedimen pada penampang memanjang sungai adalah besarnya sedimen yang lewat penampang tersebut dalam satuan waktu tertentu (Arsyad, 2010).

Beban sedimen yang diangkut melewati suatu penampang alur sungai terdiri atas beban bilas (*wash load*), beban layang (*suspended load*) dan beban alas (*bed load*). Ketiga macam pengangkutan tersebut dapat mempengaruhi ketelitian dalam pengukuran sedimen terutama bila digunakan lengkung aliran sedimen dan lengkung debit. Jumlah beban layang dan bilas relatif mudah diukur karena partikel sedimen tersebut bergerak secepat aliran maka konsentrasi sedimen jika dikombinasikan dengan pengukuran debit menghasilkan besarnya pengangkutan sedimen (Soemarto, 1987).

Laju sedimen adalah besarnya sedimen yang diukur sesaat. Perubahan debit yang cepat akan mempengaruhi tingginya laju sedimen, oleh karena itu diperlukan beberapa pengukuran sedimen untuk menentukan laju harian rata-rata secara lebih teliti (Soemarto, 1987). Pengambilan sampel sedimen dilakukan bersama-sama dengan pengambilan data debit aliran, sehingga dapat dibuat hubungan antara keduanya (*suspended sediment-discharge rating curve*).

Dalam pembuatan lengkung laju debit-sedimen (*sediment discharge rating curve*), yang perlu diperhatikan adalah sedapat mungkin diperoleh data debit dan muatan sedimen yang mewakili keadaan dengan aliran besar, aliran normal dan aliran kecil. Lengkung laju debit sedimen biasanya dinyatakan dalam dua bentuk yaitu korelasi antara konsentrasi sedimen dan debit aliran atau debit sedimen layang dengan debit aliran, pada kedua bentuk tersebut debit aliran selalu terletak pada sumbu X (Wulandari, 2004).

Permasalahan praktis yang sangat besar dalam pengukuran sedimen untuk keperluan manajemen adalah ketidakcocokan waktu dan ruang antara rata-rata erosi tanah dengan sedimentasi di daerah hilir. Ketidakcocokan itu harus mempertimbangkan keberaturan dan pendefinisian *sediment delivery ratio* yaitu

proporsi sedimen dari hulu yang merupakan area terbangun akan mempengaruhi sedimen pada outlet DAS (Newson, 1997).

2.1.5. Curah Hujan

Presipitasi merupakan faktor penting dalam siklus hidrologi. Jenis presipitasi dapat berupa hujan salju, hujan es, waktu turun dan distribusi merupakan aspek penting dalam mempelajari hidrologi suatu wilayah. Hujan adalah jatuhnya *hydrometeor* yang berupa partikel-partikel air dengan diameter 0,5 mm atau lebih. Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir (Hardiyatmo, 2006). Curah hujan 1 (satu) milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter. Intensitas hujan adalah banyaknya curah hujan persatuan jangka waktu tertentu.

Menurut Asdak (2004), perhitungan curah hujan harian, bulanan dan tahunan di suatu sub DAS/DAS umumnya digunakan dua cara yaitu rata-rata aritmatik dan teknik poligon (*Thiessen polygon*). Faktor erosivitas hujan (R) merupakan fungsi dari energi kinetik total hujan dengan intensitas hujan maksimum selama 30 menit. Dalam satu kejadian hujan, energi kinetik dapat dihitung dengan persamaan Wischmeier dan Smith (1978) dalam Hardiyatmo (2006) :

$$E = 210 + 89 \text{ Log } I \dots\dots\dots(2)$$

keterangan : E = energi kinetik hujan (ton/ha/cm hujan) dan I = intensitas hujan (cm/jam).

Erosivitas hujan dinyatakan oleh persamaan $EI30 = (E.I30)/100$. $EI30$ merupakan interaksi energi dengan intensitas hujan 30 menit dan $I30$ adalah intensitas maksimum hujan selama 30 menit. Menurut Hardiyatmo (2006) curah hujan yang jatuh ke permukaan tanah terdiri dari tetes-tetes air yang berbeda diameternya sehingga energi tumbukan terhadap tanah juga berbeda. Energi benturan bergantung pada :

1. Kecepatan jatuhnya tetesan hujan

2. Diameter butiran tetesan hujan

3. Intensitas hujan

Semakin besar energi benturan maka semakin besar partikel tanah yang terlepas. Dengan demikian makin besar potensi erosi tanah. Hubungan antara kecepatan, diameter dan intensitas hujan terhadap pengaruh pelepasan partikel ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan kecepatan, diameter dan intensitas hujan terhadap pelepasan partikel

Kecepatan jatuh butiran hujan (cm/det)	Diameter butiran hujan (mm)	Intensitas hujan (cm/jam)	Pelepasan partikel dari agregat (gram)
540	3,5	12	223
540	5,1	12	446
540	5,1	20,25	690

Sumber : Allison (1947) dalam Kartasapoetra, dkk (2005)

Cara menentukan indeks erosivitas hujan menggunakan beberapa rumus. Bols (1978) dalam Asdak (2004) menggunakan data curah hujan harian untuk menentukan besarnya erosivitas hujan tahunan rata-rata menggunakan rumus sebagai berikut :

$$EI30 = 6,12 (RAIN)^{1,21} (DAYS)^{-0,47} (MAXP)^{0,53} \dots\dots\dots(3)$$

keterangan :

EI30 = erosivitas hujan rata-rata tahunan

RAIN = curah hujan rata-rata tahunan (cm)

DAYS = jumlah hari hujan rata-rata per tahun (hari)

MAXP= curah hujan maksimum rata-rata dalam 24 jam per bulan untuk kurun waktu satu tahun (cm)

Selain rumus Bols, indeks erosivitas hujan juga dikemukakan oleh Lenvain (1989) dalam Asdak (2004) menggunakan data curah hujan bulanan sebagaimana rumus berikut :

$$R = 2,21 P^{1,36} \dots\dots\dots(4)$$

keterangan :

R = indeks erosivitas

P = curah hujan bulanan (cm)

Pengukuran hujan dilakukan dengan berbagai cara, yaitu dengan gelas ukur, penakar hujan analog, penakar hujan digital dan lainnya. Penakar hujan hanya mengukur hujan yang jatuh pada lokasi tertentu sedangkan curah hujan wilayah umumnya dengan metode interpolasi geostatistik antara lain aritmatika, *poligon thiessen*, *isohyet*, *inverse distance* dan *kriging* (Indarto, 2010).

2.1.6. Topografi

Topografi merupakan gambaran muka bumi yang berupa ketinggian dan mewakili bentuk lahan. Pada peta topografi, perbedaan ketinggian disajikan dalam bentuk garis kontur dimana garis-garis tersebut tidak akan pernah saling memotong tapi bisa bersinggungan. Dalam perhitungan erosi, faktor yang biasa digunakan adalah gabungan antara panjang dan kemiringan lereng.

Kemiringan lereng diukur pada waktu survei lapangan atau ditentukan dengan menggunakan jaring-jaring pada peta topografi dengan rumus (Widiatmaka, 2007) :

$$S = \frac{(n-1) Ci}{\sqrt{2}a^2} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

keterangan :

S = kemiringan lereng dalam %

n = jumlah kontur yang memotong diagonal jaring-jaring

Ci = kontur interval dalam meter

a = panjang jaring-jaring dalam meter

Panjang lereng diukur mulai dari igir (punggung) hingga pinggir sungai pada peta topografi yaitu dengan rumus (Widiatmaka, 2007) :

$$\lambda = \frac{\Sigma \lambda P}{10} \times \frac{1}{\cos \alpha} \dots\dots\dots (6)$$

keterangan : • = panjang lereng sebenarnya dalam meter; = panjang lereng pada peta dalam cm

Nilai faktor lereng untuk beberapa kombinasi kemiringan dan panjang lereng disajikan pada Tabel 2. di bawah ini.

Tabel 2. Nilai faktor lereng untuk beberapa kombinasi kemiringan dan panjang lereng

Kemiringan lereng (%)	Panjang lereng (m)	Rata-rata nilai faktor lereng
0 - 5	45	0,35
6 - 15	35	1,6
16 - 35	25	4,6
36 - 50	20	7,9
>50	20	4,0

Sumber : Gregory et al (1978) dalam Widiatmaka (2007)

Penelitian pendugaan erosi, faktor lereng dihitung berdasarkan persamaan Morgan (1979) dalam Bisri (2009) sebagai berikut :

$$LS = \sqrt{\left(\frac{L}{100}\right) x (0,136 + (0,0975 S) + (0,0139S^2))} \dots\dots\dots (7)$$

keterangan :

LS = faktor panjang dan kemiringan lereng

L = panjang lereng (m)

S = kemiringan lereng (%)

Departemen Kehutanan dalam Rencana Teknik Lapangan, Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah (1997) dalam Kironoto (2000) telah menyusun penilaian kelas lereng dan faktor LS berdasarkan Tabel 3. di bawah ini.

Tabel 3. Penilaian kelas lereng dan faktor LS

Kelas Lereng	Kemiringan lereng (%)	LS
I	0 - 8	0,4
II	8 - 15	1,4
III	15 - 25	3,1
IV	25 - 40	6,8
V	>40	9,5

2.1.7. Jenis Tanah

Tanah terdiri dari partikel-partikel mineral, bahan organik dan ruang pori. Volume pori tergantung pada tekstur tanah. Pori-pori tersebut dapat terisi oleh air atau udara. Banyak sedikitnya pori tanah yang berisi air akan menentukan kadar lengas tanah. Tekstur tanah ditentukan oleh ukuran partikel, dibagi menjadi 3 kelas besar yaitu lempung, debu dan pasir (Indarto, 2010). Ruang pori yang kecil pada tanah berlempung memberikan kontribusi yang besar pada jumlah total ruang pori untuk volume yang sama. Lempung mempunyai persentase lengas tanah yang tinggi pada saat kapasitas lapang dibanding jenis tanah lainnya. Sebaliknya tanah berpasir memiliki partikel dan ruang yang paling besar tetapi persentase porositas kecil sehingga persentase air pada saat kapasitas lapang relatif lebih kecil dibandingkan jenis tanah lainnya (Indarto, 2010).

Sifat fisik tanah dalam kaitannya dengan konservasi tanah dan air adalah tekstur, struktur, infiltrasi dan kandungan bahan organik (Suripin, 2002). Tekstur tanah merupakan perbandingan relatif dari beberapa golongan besar partikel tanah dalam suatu massa tanah, terutama perbandingan antara fraksi-fraksi liat, lempung dan pasir (Suripin, 2002). Struktur tanah digunakan untuk menerangkan susunan partikel-partikel tanah yang terdiri dari struktur makro dan mikro (Suripin, 2002). Struktur tanah makro adalah susunan agregat-agregat tanah satu dengan lainnya sedangkan struktur mikro adalah penyusun butir-butir primer tanah (pasir, lempung dan liat) menjadi partikel sekunder (agregat) (Suripin, 2002). Infiltrasi adalah peristiwa masuknya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah secara vertikal (Suripin, 2002). Bahan organik dapat mempengaruhi sifat-sifat tanah dan pertumbuhan tanah yaitu sebagai granulator (memperbaiki struktur tanah), sebagai unsur hara, menambah kemampuan tanah menahan air, menambah kemampuan tanah untuk menahan unsur-unsur hara, kapasitas tukar kation menjadi tinggi dan sumber energi bagi mikro organisme (Suripin, 2002).

Kepekaan tanah terhadap daya penghancur dan penghanyut oleh air curahan hujan disebut erodibilitas (Kartasapoetra, dkk 2005). Erodibilitas tinggi berarti tanah itu peka atau mudah tererosi dan sebaliknya jika erodibilitas rendah maka resistensi atau daya tahan terhadap erosi kuat. Menurut Bermanakusumah

(1978) dalam Kartasapoetra, dkk (2005), erodibilitas beberapa macam tanah sebagaimana disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Erodibilitas beberapa macam tanah berdasarkan bahan induk

Macam tanah	Transportabilitas (B)	Stabilitas (St)	Erodibilitas (E)
Tanah Loess	51,50	105,34	0,49
Tanah Pasir	35,30	103,78	0,34
Tanah Kapur	31,80	114,43	0,28
Tanah Liat	20,10	110,32	0,18

Tanah loess atau banyak debu memiliki erodibilitas tinggi sehingga paling mudah untuk tererosi (Kartasapoetra, dkk, 2005). Tanah-tanah pasir dibandingkan dengan tanah debu adalah lebih resisten terhadap erosi karena tanah pasir mempunyai kapasitas infiltrasi yang tinggi, lebih sukar dihanyutkan karena ukuran partikel yang lebih besar tetapi kemantapan strukturnya rendah karena daya ikat antar partikel yang kecil (Kartasapoetra, dkk, 2005). Tanah kapur lebih resisten dari pasir dan debu karena memiliki struktur yang lebih mantap tetapi tidak dengan struktur tanah liat (Kartasapoetra, dkk, 2005).

Dalam Kartasapoetra, dkk (2005) menerangkan bahwa Suwardjo, dkk (1975) telah melakukan penelitian tentang beberapa jenis tanah di Jawa. Tanah podsolik merah kuning di Janpala memiliki tekstur yang terdiri dari pasir/debu, mempunyai konsistensinya gembur, unsur haranya rendah sedang dan curah hujan yang mempengaruhinya antara 2.500 – 3.500 mm/tahun. Tanah latosol coklat kemerahan di Bogor memiliki struktur tanah lamnia, konsistensinya gembur, dengan curah hujan yang mempengaruhinya 2.000 – 7.000 mm/tahun. Tanah grumosol di Rembang yang berasal dari bahan induk batuan kapur – tuf vulkan, memiliki tekstur pasir liat, konsistensi gembur, unsur hara miskin dan curah hujan yang mempengaruhinya antara 850 – 2.500 mm/tahun. Tanah andosol di Ciwidey yang bahan induknya abu – vulkan dan curah hujan yang mempengaruhinya antara 2.500 – 2700 mm/tahun.

Dari beberapa literatur, ada beberapa nilai erodibilitas (K) jenis tanah yang disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 5. Nilai erodibilitas (K) jenis tanah yang umum dijumpai di Indonesia

Kode	Tipe Tanah	Nilai K
1	Tanah alluvial coklat keabu-abuan	0.315
2	Alluvial abu-abu dan alluvial coklat keabu-abuan	0.193
3	Planosol coklat keabu-abuan	0.251
4	Komplek tanah litosol dan tanah mediteran merah	0.215
5	Regosol abu-abu	0.304
6	Komplek regosol abu-abu dan litosol	0.172
7	Komplek regosol dan litosol	0.302
8	Andosol coklat	0.278
9	Andosol coklat kekuning-kunigan	0.223
10	Komplek andosol coklat dan regosol coklat	0.271
11	Komplek rensinas, litosol dan tanah hutan coklat	0.157
12	Grumosol abu-abu	0.176
13	Grumosol abu-abu hitam	0.187
14	Komplek tanah menditeran coklat kemerahan dan litosol	0.188
15	Latosol coklat	0.175
16	Latosol coklat kemerahan	0.121
17	Latosol coklat hitam kemerahan	0.058
18	Latosol coklat kekuningan	0.082
19	Latosol merah	0.075
20	Latosol merah kekuningan	0.054
21	Kompleks latosol coklat dan regosol abu-abu	0.186
22	Kompleks latosol coklat dan kekuningan	0.091
23	Kompleks latosol coklat kemerahan dan latosol coklat	0.067
24	Kompleks latosol merah, latosol coklat kemerehan dan litosol	0.062
25	Kompleks latosol merah dan latosol coklat kemerahan	0.061
26	Kompleks latosol merah kekuningan, latosol coklat kemerahan dan latosol	0.064
27	Komplek latosol coklat kemerahan dan litosol	0.075
28	Kompleks latosol merah kekuningan, latosol coklat podsolik merah kekuningan dan litosol	0.116
29	Tanah podsolik kuning	0.167
30	Tanah podsolik merah kekunigan	0.166
31	Tanah podsolik merah	0.158
32	Komplek podsolik kuning dan tanah hydromorphic abu-abu	0.249
33	Komplek tanah podsolik kuning, podsolik merah kekunigan dan regosol	0.175

Sumber : Puslitbang Pengairan Bandung dalam Hendrawan 2004

Tabel 6. Prakiraan nilai K untuk jenis tanah di daerah tangkapan air Jatiluhur, Jawa Barat

Jenis Klasifikasi Tanah	Nilai K rata-rata (metrik)
Latosol merah	0,12
Latosol merah kuning	0,26
Latosol coklat	0,23
Latosol	0,31
Regosol	0,12 – 0,16
Regosol	0,29
Regosol	0,31
Gley humic	0,13
Gley humic	0,26
Gley humic	0,2
Lithosol	0,16
Lithosol	0,29
Grumosol	0,21
Hydromorf abu-abu	0,20

Sumber : Lembaga Ekologi, 1979 dalam Asdak, 2004

2.1.8. Tata Guna Lahan

Tata guna lahan adalah suatu proses pembuatan anjuran mengenai lokasi bagi berbagai kegiatan manusia (Sofyan, 2004). Manusia adalah salah satu komponen yang penting dan dinamis, dimana aktivitasnya seringkali mengakibatkan dampak besar bagi keseluruhan ekosistem sehingga hubungan antar komponen menjadi tidak seimbang. Perencanaan tata guna lahan merupakan inti dari pelaksanaan perencanaan perkotaan. Sesuai dengan kedudukannya dalam perencanaan fungsional, perencanaan tata guna lahan merupakan kunci untuk mengarahkan pembangunan kota (Sofyan, 2004).

Inti dari proses perencanaan tata guna lahan ialah penerapan kategori-kategori penutupan lahan yang direncanakan pada daerah yang diperhitungkan akan menjadi daerah pelestarian, pembangunan atau peremajaan. Dalam perencanaan tata guna lahan, banyak faktor yang harus dipertimbangkan meliputi kondisi lingkungan alamiah, hubungan ruang dengan penutupan lahan lain dan dengan sistem infrastruktur mencakup air bersih dan limbah serta jaringan jalan yang eksisting dan akan direncanakan, rencana-rencana proyek pembangunan daerah, kecenderungan demografi, kondisi ekonomi dan lain sebagainya (Sofyan, 2004).

Rangkaian proses erosi-pengangkutan-pengendapan ditentukan oleh keadaan lingkungan fisik dan biologi seluruh regim sungai dan dipengaruhi oleh pola penutupan lahan. Pola penutupan lahan adalah hasil interaksi antar latar belakang dan tujuan pemanfaatan lahan oleh karena itu pengelolaannya harus memperhatikan kekhasan suatu daerah (*location specific*) (Notohadiprawiro, 2006).

Dalam prediksi erosi khususnya Model USLE, faktor yang diperhatikan adalah pengelolaan tanaman dan pengolahan lahan. Hal tersebut dikenal dengan indeks pengelolaan tanaman (C) yang dapat diartikan sebagai rasio tanah yang tererosi pada suatu jenis pengelolaan tanaman pada sebidang lahan terhadap tanah yang tererosi pada lahan yang sama tanpa ada tanaman dan indeks pengolahan lahan (P) adalah rasio tanah yang tererosi pada suatu jenis pengelolaan lahan terhadap tanah yang tererosi pada lahan yang sama tanpa praktek pengelolaan lahan atau konservasi tanah apapun (Bisri, 2009).

Nilai C merupakan faktor yang sangat rumit dan dipengaruhi oleh banyak variabel. Variabel ini dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu alami dan sistem pengelolaan (Suripin, 2002). Variabel alami mencakup iklim dan fase pertumbuhan tanaman sedangkan variabel sistem pengelolaan mencakup tajuk tanaman, mulsa sisa-sisa tanaman, sisa-sisa tanaman yang ditanamkan ke dalam tanah, pengelolaan tanah, pengaruh residual pengelolaan tanah dan interaksi antara variabel tersebut (Suripin, 2002).

Efektifitas tindakan konservasi tanah (P) dalam pengendalian erosi tergantung pada panjang dan kemiringan lereng (Suripin, 2002). Nilai P lebih tinggi bila permukaan lereng licin dan seragam sedangkan lereng yang kasar dan tidak teratur akan mempengaruhi nilai P menjadi kecil (Hardiyatmo, 2006).

Tabel 7. Perkiraan nilai C

No	Macam Penggunaan	Nilai C
1.	Tanah terbuka tanpa tanaman	1,000
2.	Sawah	0,010
3.	Tegalan tidak dispesifikan	0,700
4.	Ubi kayu	0,800
5.	Jagung	0,700
6.	Kedelai	0,399
7.	Kentang	0,400
8.	Kacang Tanah	0,200
9.	Padi	0,561
10.	Tebu	0,200
11.	Pisang	0,600
12.	Akar wangi (sereh wangi)	0,400
13.	Rumput bede (tahun pertama)	0,287
14.	Rumput bede (tahun kedua)	0,002
15.	Kopi dengan penutup tanah buruk	0,200
16.	Talas	0,850
17.	Kebun campuran	
	- Kerapatan tinggi	0,100
	- Kerapatan sedang	0,200
	- Kerapatan rendah	0,500
18.	Perladangan	0,400
19.	Hutan alam	
	- Seresah banyak	0,001
	- Seresah sedikit	0,005
20.	Hutan Produksi	
	- Tebang habis	0,500
	- Tebang Pilih	0,200
21.	Semak belukar/ padang rumput	0,300
22.	Ubi kayu + kedelai	0,181
23.	Ubi kayu + kacang tanah	0,195
24.	Padi – Sorgun	0,345
25.	Padi – kedelai	0,417
26.	Kacang tanah + gude	0,495
27.	Kacang tanah + Kacang tunggak	0,571
28.	Kacang tanah + mulsa jerami 4 ton/ha	0,049
29.	Padi + mulsa jerami 4 ton/ ha	0,096
30.	Padi + mulsa crotalaria 3 ton/ ha	0,387
31.	Pola tanam tumpang gilir + mulsa jerami	0,079
36.	Pola tanam berurutan + mulsa sisa tanaman	0,357
37.	Alang-alang murni subur	0,001
38.	Permukiman	0,500

Sumber: Data Pusat Penelitian Tanah (1973 – 1981) tidak dipublikasikan

Tabel 8. Prakiraan nilai P untuk berbagai tindakan konservasi

No	Tindakan Konservasi Tanah	Nilai P
1.	Teras Bangku	
	Konstruksi Baik	0,04
	Konstruksi Sedang	0,15
	Konstruksi Kurang Baik	0,35
	Teras Tradisional	0,40
2.	Strip tanaman rumput bahia	0,40
3.	Pengelolaan tanah dan penanaman menurut garis kontur	
	Kemiringan 0-8 %	0,50
	Kemiringan 9-8 %	0,75
	Kemiringan lebih dari 20 %	0,90
4.	Tanpa tindakan konservasi	1,00

Sumber : Data pusat penelitian tanah (1973-1981) dalam Arsyad (2010)

Tabel 9. Nilai faktor CP berbagai jenis penutupan lahan (Asdak, 2004)

No	Jenis Penutupan lahan	CP
1	Hutan tidak terganggu	0,01
2	Hutan tanpa tumbuhan rendah	0,05
3	Hutan tanpa tumbuhan rendah dan serasah	0,5
4	Semak/belukar tidak terganggu	0,01
5	Semak/belukar sebagian ditumbuhi rerumputan	0,1
6	Kebun Campuran	0,02
7	Pekarangan	0,2
8	Perkebunan tanaman keras dengan tanaman penutup tanah	0,01
9	Perkebunan tanaman keras hanya sebagian dengan penutup tanah	0,07
11	Rumput penutup tanah dengan baik	0,01
12	Rumput alang-alang	0,02
13	Rumput alang-alang dibakar tiap tahun	0,06
14	Rumput sereh wangi	0,65
15	Tanaman pertanian umbi-umbian	0,51
16	Tanaman pertanian biji-bijian	0,51
17	Tanaman pertanian kacang-kacangan	0,36
18	Tanaman pertanian campuran	0,43
19	Tanaman pertanian padi irigasi	0,02
20	Perladangan 1 tahun tanam – 1 tahun bero	0,28
21	Perladangan 1 tahun tanam – 2 tahun bero	0,19
22	Pertanian dengan konservasi mulsa	0,14
23	Pertanian dengan konservasi teras bangku	0,04
24	Pertanian dengan konservasi contour cropping	0,14

2.2. Landasan Metode

2.2.1. Model Erosi Tanah

Model erosi tanah diklasifikasikan menjadi model empiris, model fisik, model konseptual (Vadari, dkk, 2004). Model empiris didasarkan pada variabel-variabel penting yang diperoleh dari penelitian dan pengamatan selama proses erosi terjadi yang dibangun dari model empiris. Model fisik merupakan suatu model yang berhubungan dengan hukum kekekalan massa dan energi. Persamaan differensial/kontinuitas digunakan dan diaplikasikan untuk erosi tanah pada satu segmen tanah pada lahan yang berlereng. Model konseptual dirancang untuk mengetahui proses internal dalam sistem dan mekanisme fisik yang umumnya selalu berkaitan dengan hukum fisika dalam bentuk yang sederhana (Vadari, dkk, 2004).

Model empiris antara lain USLE (*universal soil loss equation*), RUSLE (*revised universal soil loss equation*) dan MUSLE (*modified universal soil loss equation*). Model fisik antara lain GUEST (*griffith university erosion system template*), ANSWERS (*areal non-point sources watershed environment response simulation*), AGNPS (*agricultural non-point source pollution model*). Model konseptual antara lain Model Calsite (*caliberated simulation of transported erosion*)

2.2.2. Model Calsite

Model Calsite menggunakan kombinasi USLE dan fungsi *delivery ratio* untuk menentukan hasil sedimen dari suatu daerah tangkapan hujan. Hasil sedimen selanjutnya dikalibrasi menggunakan pengukuran sedimen pada satu atau banyak titik di sepanjang jaringan sungai (Bradbury et al, 1993). Calsite dapat diklasifikasikan sebagai model *distributed-conceptual-deterministic*. Termasuk *deterministic* karena model ini menghasilkan satu hasil dari satu set input data. Termasuk *conceptual* karena menggunakan suatu formula yang berdasar pada konsep fisik umum tetapi menggunakan eksponen yang dihasilkan secara empiris. Termasuk *distributed* karena mempertimbangkan variasi keruangan tentang erosi

tanah, sedimentasi dan faktor penyebabnya di suatu daerah tangkapan hujan (Bradbury et al, 1993).

Ada tiga tahap utama dalam Model Calsite, yaitu perhitungan sumber erosi tanah menggunakan USLE, kalibrasi erosi menggunakan *delivery image*, nilai observasi kehilangan tanah dan perhitungan angkutan sedimen. Perhitungan Model Calsite dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut (Bradbury et al, 1993) :

$$\mathbf{TE = SE \times f(Dlp) \times k.....(8)}$$

keterangan :

SE = Sumber erosi (dari USLE)

f(Dlp) = *Calibrate delivery ratio*

k = konstanta

Prinsip dari model hasil sedimen membutuhkan fungsi dari *sediment delivery*. Pada Model Calsite fungsi tersebut dapat dicari dengan menggunakan konsentrasi sedimen (X) dari suatu kapasitas angkutan sedimen (T) yaitu sebagai variabel pengontrol bebas di sepanjang lintasan aliran (Bradbury et al, 1993).

$$\mathbf{Dlp = \min X_f(9)}$$

min X_f adalah minimal kapasitas angkutan konsentrasi sedimen sepanjang lintasan aliran dari titik sumber pada suatu DAS. Pada Model Calsite, penentuan *calibrate delivery ratio* dilakukan berdasarkan analisis data raster antara curah hujan, lereng dan nilai *overland flow path*. Nilai *overland flow path* diperoleh dari hasil penilaian *pixel flow paths* yang dilewati oleh aliran permukaan. Model rute aliran telah dikembangkan menggunakan *digital elevation data* dengan berbasis pada algoritma “*lowest neighbour*” yang menentukan alur aliran pixel dengan menggunakan ketinggian terendah dari delapan pixel disekitarnya. Penentuan alur aliran setiap pixel pada daerah tangkapan hujan berguna untuk identifikasi area dimana aliran permukaan (*runoff*) bertemu dan mengindikasikan area permukaan tinggi/alur aliran bagian atas (*high flow path*) dan alur aliran bagian bawah (*low*

flow path) (Bradbury et al, 1993). Selanjutnya *Calibrate delivery ratio* dalam Model Calsite berdasarkan persamaan (Bradbury et al, 1993) :

$$Dlp = \min (F^{0,5} Pa^{0,7} S^{1,67}) \dots\dots\dots(10)$$

keterangan : F = *delivery index (overland flow path)*, Pa = curah hujan, S = kemiringan lereng.

Hasil sedimen tergantung pada besarnya erosi total di DAS/sub DAS dan transport partikel-partikel tanah yang tererosi tersebut keluar dari daerah tangkapan air DAS atau sub DAS (Asdak, 2004). Sedimentasi hasil erosi seringkali bergerak menempuh jarak yang pendek sebelum akhirnya diendapkan, yaitu masih tetap berada di lahan atau diendapkan di tempat lain yang lebih datar atau sebagian masuk ke sungai (Sucipto, 2008).

Besarnya hasil sedimen biasanya bervariasi mengikuti karakteristik fisik DAS atau sub DAS, yang dapat diperkirakan besarnya melalui perhitungan *Sediment Delivery Ratio* (SDR). Variabilitas SDR suatu DAS atau sub DAS akan ditentukan oleh faktor-faktor yaitu sumber sedimen, jumlah sedimen yang tersedia untuk proses transpor sedimen, jarak antara sumber sedimen dengan sungai, sistem transpor yang berupa air larian dan kerapatan drainase, tekstur partikel tanah yang tererosi, lokasi deposit sedimen dan karakteristik DAS dan yang paling menentukan adalah luas dan topografi DAS (Asdak, 2004).

Pada Model Calsite, nilai *delivery index* diperoleh dari hubungan antara kapasitas angkutan sedimen dengan debit sungai (Q) dan lereng sungai (S) menurut persamaan (Bradbury et al, 1993) :

$$T = k Q^a S^b \dots\dots\dots(11)$$

k, a dan b adalah konstan. Selain itu terdapat alternatif dengan menggunakan konsentrasi angkutan sedimen (X) sehingga persamaannya menjadi (Bradbury et al, 1993) :

$$X = T/Q = k Q^{a-1} S^b \dots\dots\dots(12)$$

Tabel 10. Nilai konstanta a dan b berdasarkan ukuran sedimen dan jenis aliran

Ukuran sedimen D50 (μm)	Aliran Laminar			Aliran Turbulent		
	a	b	Koefisien korelasi (r^2)	A	b	Koefisien korelasi (r^2)
58	1,65	2,62	0,98	1,66	1,44	0,87
127	1,55	2,76	0,98	1,80	1,69	0,95
218	1,7	2,50	0,98	1,50	1,96	0,98
414	1,53	1,97	0,98	1,24	1,71	0,99
1098	1,73	1,76	0,98	1,04	1,47	0,97

Sumber : Bradbury, et al, 1993

Untuk tujuan calsite, diasumsikan bahwa aliran yang panjang dan medan yang relatif curam akan menghasilkan aliran angkutan sedimen utama berupa turbulent dan bukan laminar. Dalam persamaan di atas, maka nilai konstanta yang digunakan sebagai pengali dalam perhitungan erosi Model Calsite akan diperoleh.

2.2.3. Pengukuran Angkutan Sedimen di Sungai

Bentuk, ukuran dan besarnya partikel tanah pada proses sedimentasi menentukan gerakan sedimen (Hermida dkk, 2005). Besarnya volume angkutan sedimen bergantung pada perubahan kecepatan aliran dan adanya kegiatan di palung sungai. Berdasarkan ukuran partikelnya, sedimen dibedakan menjadi sedimen terlarut dalam sungai atau muatan sedimen (*suspended sediment*) dan sedimen merayap di dasar sungai atau dikenal sebagai sedimen merayap (*bed load*) (Asdak, 2004).

Bed load adalah partikel yang bergerak pada dasar sungai dengan cara berguling, meluncur dan melompat (Saud, 2008). Muatan dasar keadaannya selalu bergerak, oleh sebab itu pada sepanjang aliran dasar sungai selalu terjadi proses degradasi dan agradasi yang disebut sebagai alterasi dasar sungai (Saud, 2008).

Suspended load adalah material dasar sungai yang melayang di dalam aliran dan terdiri dari butir pasir halus yang senantiasa mengambang di atas dasar sungai, karena selalu didorong ke atas oleh turbulensi aliran (Hermida, dkk,

2005). Partikel tersuspensi dapat dibedakan menjadi dua keadaan, yaitu (Hermida, dkk, 2005) :

1. Apabila tenaga gravitasi partikel sedimen lebih besar dari pada tenaga turbulensi aliran, maka partikel sedimen akan mengendap dan terjadi gradasi pada dasar sungai.
2. Apabila tenaga gravitasi partikel sedimen sama dengan tenaga turbulensi aliran, maka akan terjadi keadaan seimbang dan partikel sedimen tersebut tetap konstan terbawa aliran sungai ke arah hilir.

Muatan layang (*suspended load*) yaitu partikel yang bergerak dalam pusaran aliran yang cenderung terus menerus melayang bersama aliran (Saud, 2008). Muatan layang dapat dihitung menggunakan metode USBR (*United State Beureu Reclamation*), dimana untuk menghitungnya diperlukan pengukuran debit air (Q_w) dalam satuan m^3/det , yang dikombinasikan dengan konsentrasi sedimen (C) dalam satuan mg/l , yang menghasilkan debit sedimen dalam ton/hari sesuai persamaan sebagai berikut (Strand, 1982 dalam Saud, 2008) :

$$Q_s = 0,00864 C Q_w \dots\dots\dots (13)$$

Dari perhitungan, dibuat lengkung aliran sedimen yang merupakan garis regresi antara angkutan sedimen dan debit air dengan persamaan :

$$Q_s = a Q_w^b \dots\dots\dots (14)$$

keterangan : Q_s adalah beban layang (ton/hari); C adalah konsentrasi sedimen (mg/l); Q_w adalah debit sungai (m^3/det); a dan b adalah konstanta.

2.3. Review Hasil Penelitian Terdahulu

2.3.1. Re-interpretasi Dataset USLE untuk Model Fisik Erosi di Selatan China dan Utara Thailand

Penelitian ini mengilustrasikan bagaimana rataan *runoff* dan erodibilitas tanah dapat diestimasi untuk dua lokasi penelitian yaitu Selatan China dan Utara Thailand. Model GUEST diterapkan pada dua lokasi ini dan parameter erodibilitas tanah akan dibandingkan jika menggunakan model GUEST dan USLE/RUSLE. Data yang digunakan adalah data hujan yang diukur secara

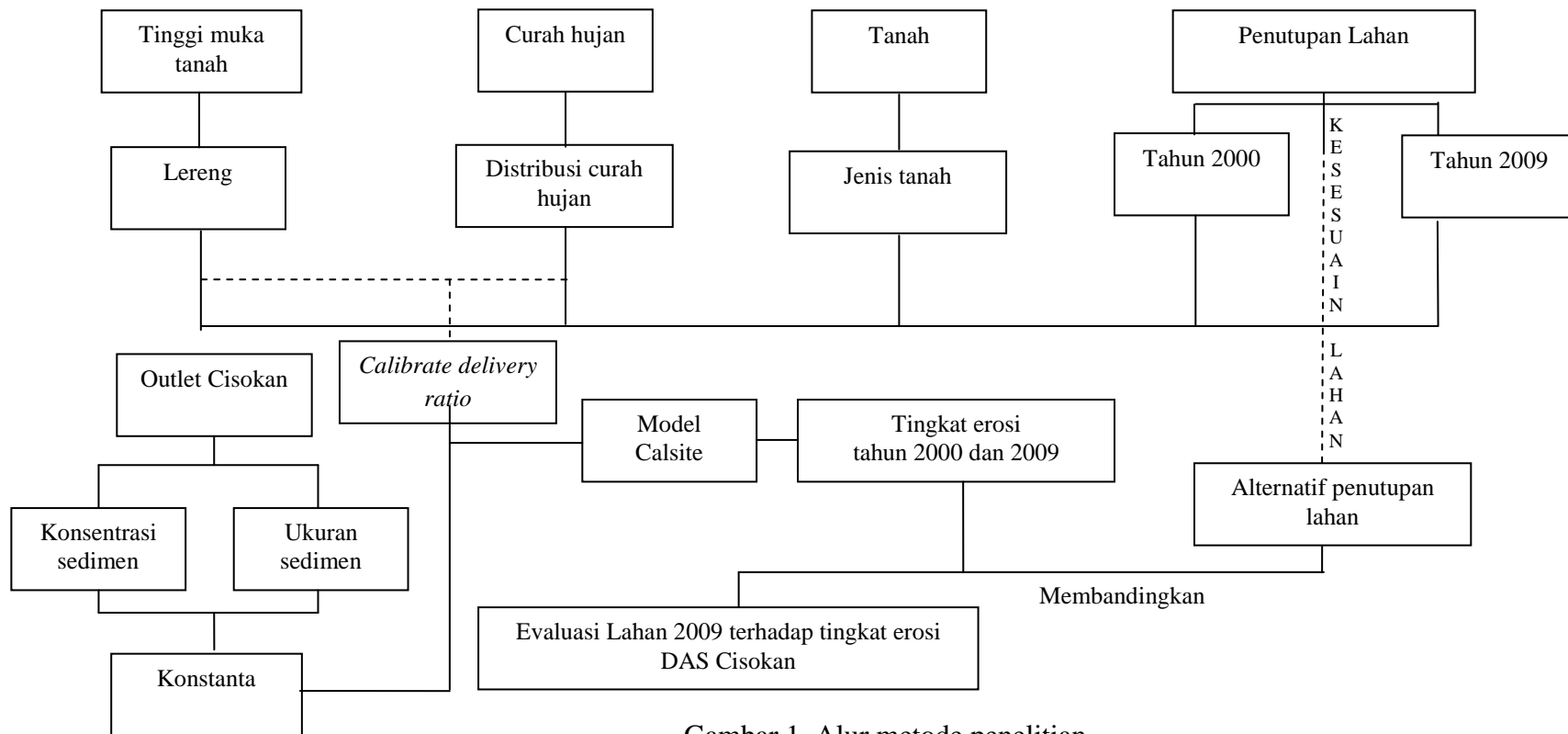
otomatis oleh stasiun cuaca setiap 10 menit, runoff yang diestimasi menggunakan program GOSH dengan mempertimbangkan model variabel infiltrasi, besaran hilangnya tanah yang didapat dari sampel tanah pada Juli dan November 1997 dan geometri sungai yang diperoleh dari survey lapangan. Penelitian ini dilakukan oleh Yu, et al dan dipublikasikan dalam Jurnal *Sustaining the Global Farm* tahun 2001.

2.3.2. Prediksi Sedimentasi Kali Mas Surabaya

Penelitian ini bertujuan menganalisa prediksi sedimentasi Kali Mas dan memberi gambaran besarnya jumlah sedimentasi akibat degradasi pada DAS Brantas. Metode perhitungan yang digunakan adalah perhitungan angkutan sedimen melayang menggunakan metode USBR, perhitungan sedimen dasar menggunakan persamaan Meyer-Peter Müller, Einstein dan Frijlink dan perhitungan sedimen total menggunakan persamaan Engelund-Hansen dan Kikawa-Ashida. Data yang digunakan adalah data debit, luas penampang basah dan kecepatan aliran sungai serta sampel sedimen yang diukur langsung di lapangan dan dianalisa di laboratorium. Penelitian ini dilakukan oleh Ismail Saud dan dipublikasikan dalam Jurnal Aplikasi tahun 2008.

2.4 Alur Pikir Penelitian

Sub DAS Cisokan yang merupakan salah satu Sub DAS Citarum, mempunyai fungsi konservasi, tangkapan hujan dan mempertahankan lingkungan DAS agar tidak terdegradasi. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji tingkat erosi tanah di Sub DAS Cisokan dan arahan pengelolaannya berdasarkan kriteria alternatif penutupan lahan. Untuk itu digunakan metode perhitungan erosi Model Calsite dan analisis alternatif penutupan lahan berdasarkan ketinggian, iklim dan kemiringan lereng sebagai bentuk tata guna lahan sub das untuk perlindungan dan pengelolaan Sub DAS Cisokan yang berkelanjutan. Berikut pada Gambar 1 disajikan alur metode penelitian.



Gambar 1. Alur metode penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan pengolahan data sekunder menggunakan konsep pemodelan calsite dalam perhitungan erosi. Penelitian ini juga meliputi survei lapangan mengenai penutupan lahan dengan metode purposif berdasarkan tipe penutupan lahan di lokasi penelitian serta pengukuran debit sungai dan sedimentasi pada hilir Sub DAS Cisokan. Analisis data menggunakan pendekatan deskriptif mengenai tingkat erosi berdasarkan karakteristik iklim, geofisik dan penutupan lahan, serta mengkaji kesesuaian penutupan lahan berdasarkan pendekatan alternatif penutupan lahan menurut ketinggian tempat, iklim dan kemiringan lereng sebagai upaya mengkaji manajemen sumber daya lahan dan pendekatan ekologis pembangunan lahan berkelanjutan.

3.2. Data yang Digunakan

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder tahun 2000 dan 2009, yang terdiri dari :

- a. *Digital Elevation Model* (DEM) Jawa.
- b. Citra Ikonos atau Citra Landsat 7 ETM+ (jika mengalami kendala untuk mendapatkan Citra Ikonos maka citra yang akan digunakan adalah Citra Landsat 7 ETM+ dengan resolusi 30 x 30 meter yang diperoleh dari download secara gratis dan diolah menjadi resolusi 15 x 15 meter.
- c. Peta rupa bumi Indonesia (RBI) Provinsi Jawa Barat skala 1:25.000 diperoleh dari Badan Koordinasi, Survey dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL).
- d. Data curah hujan DAS Citarum yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG).
- e. Peta jenis tanah skala 1:25.000 atau 1: 250.000 yang diperoleh dari Pusat Penelitian Tanah.

- f. Peta penutupan lahan yang diperoleh dari Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Barat atau Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Barat dan dilakukan pengecekan lapangan mengenai jenis penutupan lahan dan vegetasi pada lokasi penelitian.
- g. Data hidrologi sungai, hasil pengukuran di lapangan yang terdiri dari:
 - Tinggi muka air sungai
 - Debit sungai
 - Konsentrasi sedimen
 - Ukuran partikel sedimentasi dasar

3.3. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

- a. Komputer
- b. *Software Microsoft Office*
- c. *Software ArcView 3.x*, pengolahan data keruangan (*spatial*)
- d. *Software ArcGIS 9.x*, pengolah data keruangan
- e. *Google Earth*, fasilitas dengan koneksi internet yang menggambarkan posisi objek di bumi dalam bentuk *globe*.
- f. *Global Position System (GPS)*, merupakan alat untuk mengetahui posisi absolut di bumi.
- g. *Current Meter* tipe C31-00 AOTT dengan nomor kincir 1 - 47738
- h. Stang ukur
- i. Alat ukur sedimen standar tipe USDH-48
- j. *Current Meter Counter* model CMC 200
- k. Kabel
- l. *Tag line* Baja (100 meter) dan meteran

3.4. Metode Pengumpulan Data

3.4.1. Data Primer

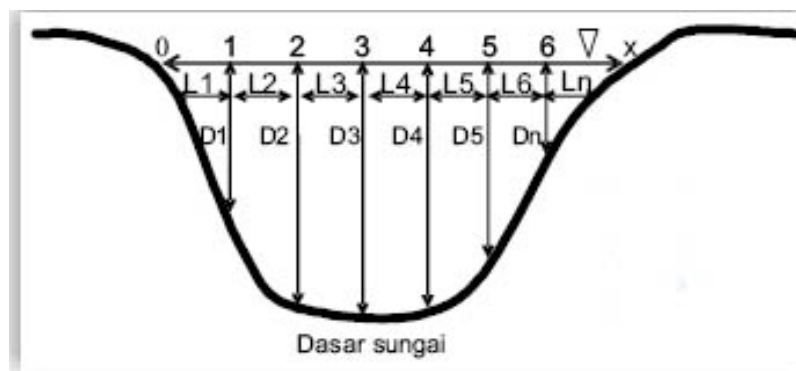
3.4.1.1. Pengecekan Lapangan Hasil Interpretasi Penutupan Lahan

Pengumpulan data primer dilakukan untuk parameter penutupan lahan dan jenis vegetasi penutup melalui kegiatan *Ground Truthing*, yaitu kegiatan pengecekan lapangan dari hasil interpretasi citra agar memperoleh kesesuaian antara hasil interpretasi dengan keadaan sebenarnya di lapangan. Kegiatan ini dilakukan dengan pendekatan purposif yaitu mewakili untuk unit penggunaan lahan yang ada. Pengambilan data ini memerlukan bantuan peta penutupan lahan hasil interpretasi dan GPS sebagai pengukuran lokasi sebenarnya di lapangan.

3.4.1.2 Pengukuran Debit Sungai, Konsentrasi Sedimen dan Ukuran Partikel Sedimen

Pengukuran lapangan juga meliputi pengukuran debit dan sedimentasi pada satu titik outlet Sungai Cisokan. Pengukuran debit ini menggunakan metode penampang basah dan tinggi muka air serta kecepatan aliran sungai di setiap bagian lebar sungai. Pengukuran konsentrasi sedimentasi melayang dan ukuran partikel sedimen dilakukan melalui pengambilan sampel air sungai dan sampel sedimen dasar yang diuji di laboratorium. Berikut akan dijelaskan lebih rinci :

1. Pilih lokasi pengukuran yang lurus dan tidak terdapat pusaran air.
2. Ukur dan catat lebar sungai dengan *tag line* baja dan meteran.
3. Bagi lebar sungai menjadi 15 – 20 bagian dengan interval jarak yang sama, seperti pada Gambar 1.



Gambar 2. Ilustrasi penampang melintang sungai

4. Ukur kedalaman air di setiap interval dengan menggunakan stang ukur.
5. Hitung kecepatan arus dengan menggunakan *current meter* pada setiap interval. Jika kedalaman air mencapai lebih dari 1 meter, maka pengukuran kecepatan dilakukan sebanyak 2 kali yaitu 20 % dan 80% kedalaman di bawah permukaan air. Jika kurang dari 1 meter maka pengukuran dilakukan 1 kali yaitu 60% kedalaman di bawah permukaan air.
6. Tentukan waktu perhitungan yaitu 40 detik.
7. Catat jumlah putaran baling di setiap interval horizontal maupun vertikal sesuai yang tertera pada *Current Meter Counter*.
8. Bagi lebar sungai menjadi 4 bagian dan ambil sampel air pada 3 titik batas tersebut menggunakan USDH-48.
9. Ambil sampel sedimentasi dasar sebanyak kurang lebih 500 gram.

3.4.2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari instansi pemerintah terkait.

3.5. Metode Pengolahan Data

3.5.1. Interpretasi Penutupan lahan dengan Citra Ikonos

Satelit Ikonos adalah satelit resolusi tinggi yang dioperasikan oleh *GeoEye*. Kemampuannya yang terliput adalah mencitrakan dengan resolusi multispektral 3,2 meter dan inframerah dekat (0,82 mm) pankromatik. Aplikasinya untuk pemetaan sumberdaya alam daerah pedalaman dan perkotaan, analisis bencana alam, kehutanan, pertanian, pertambangan, teknik konstruksi, pemetaan perpajakan dan deteksi perubahan. Mampu menyediakan data yang relevan untuk studi lingkungan. Ikonos menyediakan pandangan udara dan foto satelit untuk banyak tempat di seluruh dunia. Pada penelitian ini, Citra Ikonos digunakan sebagai salah satu alat verifikasi deliniasi penutupan lahan hasil dari interpretasi penutupan lahan Citra Landsat 7 ETM+ karena Citra Ikonos mempunyai resolusi yang lebih tinggi.

Langkah-langkah interpretasi Citra Ikonos sebagai berikut :

- a. Unduh Citra Ikonos menggunakan aplikasi StitchMap.
- b. Siapkan peta penutupan lahan yang terbaru sebagai panduan interpretasi citra.
- c. Overlay wilayah sub DAS penelitian di atas Citra Ikonos.
- c. Kenali objek-objek dan lakukan deliniasi. Deliniasi adalah pemberian garis batas pada kenampakan yang sama dan membedakan dari kenampakan yang lain.

3.5.2. Interpretasi Penutupan Lahan dengan Citra Landsat 7 ETM+

Pada saat ini Landsat-7 sebagai satelit pokok yang dioperasikan. Landsat-7 diluncurkan pada 15 April 1999. Landsat-7 ini dilengkapi dengan *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+), yang merupakan kelanjutan dari program *Thematic Mapper* (TM) yang diusung sejak Landsat-5. Saluran pada satelit ini pada dasarnya adalah sama dengan 7 saluran pada TM, namun diperluas dengan saluran 8 yaitu Pankromatik. Saluran 8 ini merupakan saluran beresolusi tinggi yaitu seluas 15 meter.


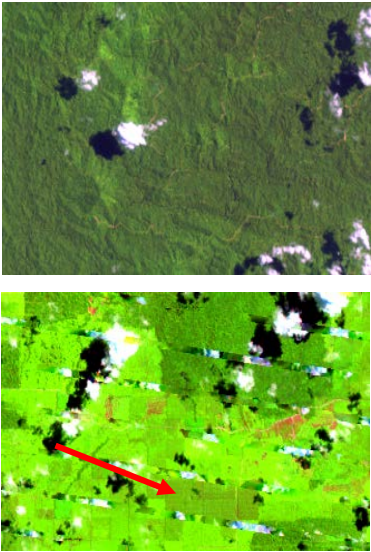

Langkah pengolahan data dan interpretasi citra Landsat 7 ETM+ sebagai berikut :

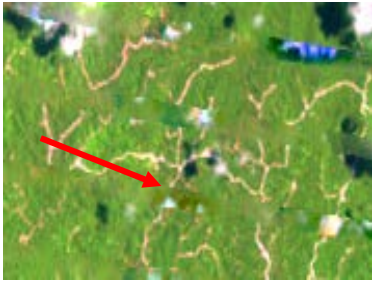
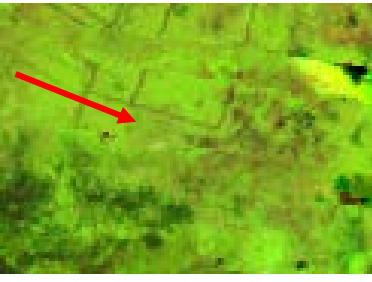


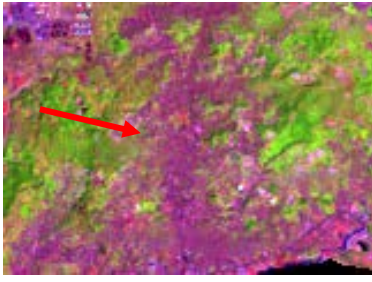
- a. Citra landsat yang didownload umumnya sudah digeoreferensikan.
- b. Samakan Datum dan Sistem Koordinat dengan database. Koreksi datum dilakukan per lembar, jika ada yang tidak sama dengan database, dilakukan konversi.
- c. *Fill Gap*, Sejak tahun 2003 Landsat sudah memiliki gap yang disebabkan matinya *Scan Line Corrector* (*SLC mode off*). Mengisi gap dilakukan dengan cara mendownload beberapa lembar pada tahun yang kira-kira sama.
- d. Buat komposit misalnya 543, 453, 742.
- e. Buat *Pan-sharpened* untuk penafsiran visual. *Pan-sharpened* menghasilkan citra landsat beresolusi 15 meter. Gunakan Band 8 sebagai *layer intensity*.

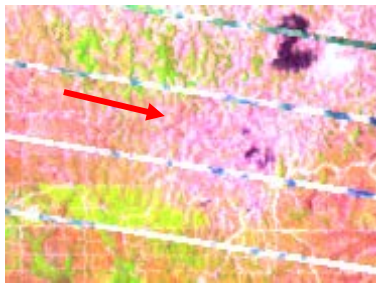
- f. *Overlay* wilayah sub DAS penelitian di atas Citra Ikonos.
- g. Kenali objek-objek dan lakukan deliniasi. Deliniasi adalah pemberian garis batas pada kenampakan yang sama dan membedakan dari kenampakan yang lain.

Kelas penutupan lahan, merupakan modifikasi dari kelas penutupan lahan Kementerian Kehutanan (23 kelas), sesuai dengan Tabel 11.

Tabel 11. Sistem klasifikasi penutupan lahan

No	TIPE PL	KODE	KUNCI INTERPRETASI	GAMBAR
1	Hutan Primer	HP	Kenampakan hutan dataran rendah, perbukitan dan pegunungan yang belum menampakkan bekas penebangan, warnanya hijau tua, tekstur kasar, ukurannya relative besar kenampakan alur aksesibilitas, warnanya hijau kekuningan, teksturnya sedang-kasar, pola tersebar	
2	Hutan Sekunder	HS	Kenampakan hutan dataran rendah, perbukitan dan pegunungan yang telah menampakkan bekas penebangan (kenampakan alur aksesibilitas dan bekas tebangan), warnanya hijau kekuningan, teksturnya sedang-kasar, ukurannya sedang, pola tersebar.	
3	Perkebunan	Pkbn	Seluruh kawasan perkebunan, baik yang sudah ditanami maupun yang belum (masih berupa lahan kosong dan bekas land clearing), beralur dan aksesibilitas jalan, pola tanam sejensis.	

No	TIPE PL	KODE	KUNCI INTERPRETASI	GAMBAR
4	Semak/ Belukar	SB	Bekas hutan lahan kering yang telah tumbuh kembali atau kawasan dengan liputan pohon jarang (alami) atau kawasan dengan dominasi vegetasi rendah (alami), warnanya hijau terang, teksturnya kasar, ukurannya besar, di dataran rendah.	
5	Pertanian lahan kering	Plk	Semua aktivitas pertanian di lahan kering dan semua jenis pertanian lahan kering adanya aksesibilitas jalan, warna hijau, bentuk pematang, tekstur kasar. Berupa perladangan, kebun campuran.	
6	Pertanian lahan kering campuran	Plkc	Semua jenis pertanian lahan kering yang berselang-seling dengan semak, belukar dan hutan bekas tebangan dan kebun campuran, perladangan yang selalu berpindah-pindah dengan pola rotasi tanam, warna hijau, aksesibilitas jalan dan dekat dengan pemukiman, tekstur kasar, warna hijau cerah.	
5	Sawah	Sw	Semua aktivitas pertanian lahan basah yang dicirikan oleh pola pematang, bentuk petak-petak, dekat dengan aliran sungai, ukuran sedang dan berada di dataran rendah.	
6	Permukiman	Pm	Kawasan permukiman, baik perkotaan, perdesaan, industri dll, yang memperlihatkan pola alur rapat, warnanya merah terang, dekat dengan aksesibilitas (jalan atau disepanjang aliran sungai), di dataran rendah-tinggi, tekstur bercak-bercak merah	

No	TIPE PL	KODE	KUNCI INTERPRETASI	GAMBAR
7	Lahan Terbuka/ Kosong	TB	kenampakan lahan terbuka tanpa vegetasi (singkapan batuan puncak gunung, gosong pasir, pasir pantai), lahan terbuka bekas kebakaran dan lahan terbuka yang ditumbuhi alang-alang/rumput, warna merah, tekstur kasar, dataran rendah dan tinggi	

Sumber : Pusat Inventarisasi dan Perpetaan Kehutanan, 2008

3.6. Analisis Data

3.6.1. Perhitungan Erosi dengan Model Calsite

Dalam perhitungan erosi menggunakan Model Calsite seperti yang dilakukan oleh Bradbury, et al tahun 1993. Pemodelan tersebut diimplementasikan dalam basis GIS raster yang menggunakan grid persegi atau yang disebut pixel dalam mendefinisikan daerah tangkapan hujan dan mampu mengkombinasikan analisis dari beberapa tipe data spasial yang berbeda. Software calsite diperlukan dalam *pre-process* yaitu input data dan menentukan *delivery ratio* yang berbasis pada GIS dan *image processing system* yang dinamakan CONOCLAST, dikembangkan menggunakan sistem teknologi Birmingham, UK. Dalam analisis berbasis raster maka selalu menggunakan *image processing* dengan algoritma tertentu.

Tahap pertama dalam analisis erosi adalah persiapan awal dalam menghasilkan data vektor curah hujan, tanah, lereng dan penutupan lahan. Tahapan persiapan awal akan dijelaskan untuk masing-masing data tersebut yaitu sebagai berikut :

1. Peta Curah Hujan dan Nilai Erosifitas Hujan

Untuk menghasilkan nilai erosifitas hujan, rumus yang digunakan adalah Rumus Lenvain karena data yang berhasil dikumpulkan adalah data curah hujan bulanan. Dalam penelitian ini jumlah stasiun curah hujan yang digunakan berjumlah 36 stasiun yang didominasi di wilayah Bandung, Cirata dan Cianjur Utara.

Setelah dihitung nilai erosi-fitas hujan untuk setiap stasiun maka langkah selanjutnya adalah membuat peta curah hujan menggunakan metode interpolasi. Metode interpolasi digunakan dengan mempertimbangkan jumlah stasiun yang relatif banyak dan menyebar. Proses interpolasi menggunakan *software ArcGIS* yaitu *Spatial Analyst Tools\interpolation\natural Neighbour*. Teknik *natural neighbor* menggunakan input titik yaitu lokasi stasiun dan nilai erosi-fitas hujan masing-masing stasiun yang selanjutnya membobotkan untuk menghasilkan daerah berdasarkan nilai interpolasi. Interpolasi yang dihasilkan berupa data interval oleh karena itu untuk menghasilkan data tunggal digunakan nilai tengah dari data interval tersebut.

2. Peta Tanah dan Nilai Erodibilitas Tanah

Peta tanah merupakan data sekunder yang didapatkan dari Pusat Penelitian Tanah dan sudah siap untuk digunakan. Dalam proses ini yang dilakukan hanya menambah informasi atribut mengenai nilai erodibilitas tanah berdasarkan literatur untuk setiap jenis tanah yang terdapat di daerah penelitian. Penambahan informasi atribut dilakukan dengan menggunakan perintah *add field* dan *calculate field*.

3. Peta Lereng dan Nilai Panjang serta Kemiringan Lereng

Peta lereng diperoleh dari pengolahan data kontur skala 1:25.000 dengan interval kontur 12,5 meter. Proses ini dimulai dari membuat data tin kosong yang selanjutnya data tin tersebut diedit berdasarkan data kontur. Setelah tin baru terbentuk maka langkah selanjutnya adalah analisis *slope* untuk menghasilkan data grid lereng dengan satuan yang dapat dipilih yaitu derajat atau persen (dalam penelitian ini satuan yang dipakai adalah persen). Langkah selanjutnya adalah melakukan klasifikasi ulang kelas lereng tersebut berdasarkan kelas yang diinginkan. Maka akan dihasilkan data klasifikasi lereng. Proses tersebut dilakukan dengan menggunakan *3D Analyst Tools* untuk *create TIN* dan *edit TIN* dan *Spatial Analyst Tools* untuk analisis lereng dan *reclassify* kelas lereng sesuai yang diinginkan.

Data tersebut tidak bisa langsung digunakan, karena data hasil konversi raster ke vektor menghasilkan polygon-polygon kecil yang tidak beraturan. Oleh karena itu untuk menghasilkan data yang seragam dilakukan generalisasi yaitu dengan mendeliniasi pola lereng yang terbentuk untuk masing-masing kelas lereng. Nilai panjang dan kemiringan lereng berdasarkan literatur untuk setiap kelas lereng dengan penambahan informasi atribut menggunakan perintah *add field* dan *calculate field*.

4. Peta Penutupan Lahan dan Nilai Pengelolaan Tanaman serta Pengelolaan Tanah

Peta penutupan lahan telah dihasilkan dari hasil interpretasi citra Landsat 7 ETM+ dan *Ground Truthing* (pengecekan lapangan) mengenai hasil interpretasi tersebut. Nilai pengelolaan tanaman dan pengelolaan tanah berdasarkan literatur sesuai dengan kelas penutupan masing-masing yaitu penambahan informasi atribut menggunakan perintah *add field* dan *calculate field*.

Tahap kedua, menghitung erosi berdasarkan hasil perkalian perhitungan erosi Model USLE, *Caliberate Delivery Ratio* dan konstanta. Dalam penelitian ini digunakan analisis SIG dengan memadukan analisis data raster dan data vektor sebagaimana langkah-langkah berikut :

1. Perhitungan Erosi dengan Model USLE

Menggunakan rumus empiris hasil perkalian antara faktor erosivitas hujan, faktor erodibilitas tanah, faktor panjang dan kemiringan lereng, serta faktor pengelolaan tanaman dan konservasi lahan. Dalam penelitian ini data tersebut dianalisis menggunakan analisis tumpang susun (*overlay*) dengan *software ArcGIS 9.x*. Menggunakan *tools Union* pada *tool set Analysis Tool*. Untuk mengkalkulasi nilai erosi maka dilakukan *field calculator* dengan membuat persamaan perkalian antara nilai R, K, LS dan CP.

2. Perhitungan *Caliberate Delivery Ratio*

Untuk menghasilkan nilai *Caliberate Delivery Ratio* ada tiga tahapan yang harus dilakukan, yaitu :

- a. Menentukan nilai *delivery index* dengan mengolah data kontur menjadi *Digital Elevation Model* (DEM) yang selanjutnya dianalisis menggunakan *tool focal flow* yang bertujuan untuk menentukan nilai aliran raster dari masing-masing nilai pixel dengan menggunakan metode tetangga terdekat. Nilai ini berkisar antara 0 – 255. Nilai 255 menunjukkan lokasi jaringan aliran sungai yang sebenarnya.
- b. Membuat data raster curah hujan dan lereng yang berasal dari data vektor dengan menggunakan *conversion tool feature to raster* dengan sebelumnya menaikkan nilai curah hujan dan lereng dengan angka pangkat tertentu.
- c. *Caliberate Delivery Ratio* merupakan hasil perkalian dari *focal flow image*, raster curah hujan dan raster lereng. Untuk itu dapat dilakukan dengan menggunakan *raster calculator* pada *Spatial Analyst Tools*. Langkah terakhir adalah mengklasifikasikan hasil tersebut ke dalam 7 kelas dengan kisaran nilai 0 – 100 (satuan persen). Agar data ini dapat dianalisis selanjutnya dengan Model USLE maka dikonversi menjadi data vektor dengan menggunakan *conversion tool raster to polygon*.

3. Perhitungan Konstanta

Untuk mendapatkan konstanta, maka perhitungan yang dilakukan adalah dari hasil pembagian nilai konsentrasi sedimen hasil pengukuran lapangan (X) dengan debit (Q) dan kemiringan lereng sungai (S) dengan nilai pangkat tertentu (a dan b) sesuai dengan persamaan (Bradbury et al, 1993):

$$\mathbf{X} = \mathbf{T/Q} = \mathbf{k Q^{a-1} S^b} \text{ sehingga } \mathbf{k} = \mathbf{X / (Q^{a-1} S^b)} \dots\dots\dots (15)$$

4. Perhitungan Erosi dengan Model Calsite

Perhitungan Model Calsite selanjutnya merupakan hasil perkalian 3 komponen nilai tersebut di atas. Langkah yang dilakukan adalah membuat

dua *field* baru pada data atribut perhitungan USLE yang berisi nilai *caliberate delivery ratio* dan konstanta. Selanjutnya melakukan *field calculator* untuk perkalian nilai USLE, *caliberate delivery ratio* dan konstanta sehingga menghasilkan nilai erosi baru.

3.6.2. Uji Hipotesis

Hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap masalah yang tengah diteliti (Suyanto dan Sutinah, 2010). Bila data yang terolah bisa disimpulkan bahwa hipotesis yang diajukan itu benar dan dapat diterima, maka dicapai konklusi. Pada saat itu hipotesis telah berhenti kedudukannya sebagai hipotesis dan berubah menjadi tesis (Surakhmad, 1990 dalam Suyanto dan Sutinah, 2010). Pada penelitian ini uji hipotesis tidak perlu dilakukan karena dari pengolahan data yang dilakukan dapat secara langsung memberi jawaban terhadap hipotesis.

3.6.3. Analisis Arahan Pengelolaan DAS

Dari hasil analisis erosi menggunakan Model Calsite maka selanjutnya hasil perhitungan tersebut dibandingkan dengan kriteria tingkat erosi tanah yang disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Kriteria tingkat erosi tanah

Erosi Tanah (Ton/ha/tahun)	Tingkat Erosi (Departemen Kehutanan)	Tingkat Erosi (Morgan dan Finney)
<15	Normal	Sangat Ringan
15 – 60	Ringan	Ringan
60 – 180	Moderat	Sedang
180 – 480	Berat	Berat
>480	Sangat Berat	Sangat Berat

Sumber : (Departemen Kehutanan, 1998 dalam Mulyono, 2009 dan Morgan Finney, 1984 dalam Harjadi, 2007)

Daerah penelitian merupakan Sub DAS bagian hulu DAS Citarum yang jika ditinjau dari aspek pengelolaan DAS merupakan daerah dengan fungsi konservasi,

maka selanjutnya dilakukan analisis spasial. Analisis spasial tingkat erosi tanah dilakukan untuk setiap unit analisis lahan yang dievaluasi berdasarkan kriteria alternatif penutupan lahan yang mempertimbangkan aspek ketinggian, iklim dan kemiringan lereng. Pendekatan ini dapat dilakukan berdasarkan alternatif yang disusun oleh Prasetyo et al (2001) dalam Arsyad dan E. Rustiadi (2008) yang disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Alternatif penutupan lahan menurut ketinggian, iklim dan kemiringan lereng

Ketinggian	Iklim	Lereg (%)	Alternatif penutupan lahan
<700 mdpl (dataran rendah)	Basah	<15	Pertanian semusim lahan basah, mangrove, perikanan air payau
		15 – 30	Tanaman semusim lahan kering
		31 – 45	Tanaman Tahunan, intercropping dengan tanaman semusim lahan kering
		>45	Tanaman tahunan dengan sistem agroforestry, intercropping tanaman semusim lahan kering, pertanian semusim lahan basah
<700 mdpl (dataran rendah)	Kering	<15	Pertanian semusim lahan basah
		15 – 30	Tanaman semusim lahan kering, mulsa
		31 – 45	Tanaman tahunan, rorak, mulsa
		>45	Tanaman tahunan
>700 mdpl (dataran tinggi)	Basah	<15	Pertanian semusim lahan basah
		15 – 30	Tanaman semusim lahan kering intercropping dengan tanaman tahunan
		31 – 45	Tanaman tahunan ditanam menurut kontur
>700 mdpl (dataran tinggi)	Kering	>45	Kawasan konservasi, kawasan lindung
		<15	Pertanian semusim lahan basah
		15 – 30	Tanaman semusim lahan kering, rorak, mulsa, embung
>700 mdpl (dataran tinggi)	Kering	31 – 45	Tanaman tahunan, mulsa
		>45	Kawasan konservasi, kawasan lindung

Dalam menentukan iklim basah dan iklim kering dapat menggunakan klasifikasi iklim berdasarkan Mohr (1933) atau Oldeman (Kartasapoetra, 1990) yang ditentukan oleh besarnya curah hujan bulanan disajikan pada Tabel 14 di bawah ini.

Tabel 14. Penentuan bulan basah dan bulan kering menurut Mohr dan Oldeman

Bulan	Mohr atau Smith Fergusson	Oldeman
Bulan basah (mm)	>100	>200
Bulan lembab (mm)	60 – 100	100 – 200
Bulan kering (mm)	<60	<100

Selanjutnya dihitung rata-rata bulan kering dan basah dengan rumus (Kartasapoetra dkk, 2005) :

$$Q = \frac{\text{Jumlah rata-rata bulan kering}}{\text{Jumlah rata-rata bulan basah}} \times 100\% \dots\dots\dots (16)$$

Tabel 15. Klasifikasi iklim berdasarkan Smith Fergusson

Nilai Q	Klasifikasi Iklim
---------	-------------------

3.6.4. Interpretasi Data

Tahapan ini di dapat diawali dengan cara merumuskan pengorganisasian data berdasarkan kedudukan variabel. Interpretasi dapat dilakukan dengan cara tabulasi hasil pengolahan data yang dapat menggambarkan hubungan antara variabel secara deskriptif (Safar, 2007). Dalam penelitian ini tabulasi data akan menggambarkan tingkat erosi di setiap unit analisis penutupan lahan berdasarkan kriteria fungsi kawasan lindung dan non kawasan lindung serta alternatif arahan penutupan lahan berdasarkan ketinggian, iklim dan kemiringan lereng.

3.6.5. Inferensi Pengambilan Keputusan

Tahapan pengambilan kesimpulan didasarkan pada hipotesis awal yang sudah didefinisikan. Hipotesis yang dibangun dari teori yang ada, selanjutnya dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan pada kecenderungan hasil penelitian tersebut terhadap hipotesis.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Daerah Penelitian

Sub DAS Cisokan merupakan salah satu sub DAS bagian hulu dari DAS Citarum. Sub DAS Cisokan mempunyai bentuk DAS yang melebar di bagian hulu mulai dari arah selatan di Gunung Masigit, Gunung Halu, sampai ke Gunung Putri di Cianjur. Hilir Sungai Cisokan berada di Waduk Cirata yang juga merupakan bendungan sungai Citarum. Waduk Cirata mempunyai fungsi utama sebagai pembangkit listrik tenaga air dan wisata sebagai fungsi ikutannya.

Secara administrasi Sub DAS Cisokan terletak di dua kabupaten yaitu Kabupaten Cianjur dan Kabupaten Bandung Barat. Secara geografis, Sub DAS Cisokan terletak antara $106,986^{\circ}$ – $107,410^{\circ}$ BT dan $6,731^{\circ}$ – $7,122^{\circ}$ LS yang berbatasan di sebelah utara dengan Waduk Cirata, sebelah barat dengan Kabupaten Sukabumi, sebelah selatan dengan Sukanagara Kabupaten Cianjur dan Kabupaten Bandung Barat, serta sebelah timur dengan Kabupaten Bandung Barat (Peta 1).

Berdasarkan hasil perhitungan data spasial, luas Sub DAS Cisokan adalah $1.163,99 \text{ km}^2$, dengan 21,2% merupakan wilayah administrasi Kabupaten Bandung Barat dan 78,8% merupakan wilayah administrasi Kabupaten Cianjur. Melihat posisi sub DAS berdasarkan topografi yang dikelilingi oleh gunung dan perbukitan, menyebabkan peruntukan lahan pada daerah tersebut harus mampu mempertahankan fungsi utama sebagai daerah tangkapan hujan. Daerah hulu Sub DAS Cisokan yang terjaga akan membantu kelangsungan ketersediaan air pada daerah hilir.

Berdasarkan aspek fisiografi, Sub DAS Cisokan merupakan bagian dari Zona Bandung. Menurut Utomo, dkk (2003), Zona Bandung merupakan depresi antar jalur pegunungan yang memanjang dari barat ke timur mulai dari Pelabuhan Ratu dan berakhir di Sagara Anakan pada pantai selatan Jawa Tengah dengan batas selatan dan utara berupa gugusan gunung api. Sebagian besar Zona Bandung ditutupi oleh hasil dari gunung api resen dengan singkapan tersier di beberapa

tempat. Pada zona ini keadaan gunung api terletak pada dataran rendah antara dua zona dan merupakan dua barisan di pinggir zona pada perbatasan Zona Bogor dan daerah pegunungan bagian selatan. Walaupun Zona Bandung merupakan suatu depresi, akan tetapi ketinggian cukup besar seperti Kota Bandung yang mempunyai ketinggian 650 – 675 mdpl.

Zona Bandung sebenarnya terdiri dari Depresi Cianjur-Sukabumi, Depresi Bandung-Garut dan Depresi Citanduy. Depresi Cianjur terletak pada ketinggian lebih rendah (495 mdpl) dibanding Depresi Bandung. Tempat terendah terletak pada ketinggian 70 mdpl. Di sebelah barat dekat Zona Bogor terdapat kelompok gunung api dengan Gunung Salak sebagai gunung termuda. Di beberapa tempat seperti Sukabumi keadaan permukaan tertutup oleh bahan vulkanik dari Gunung Gede dan Pangrango. Bahan-bahan vulkanik itu sampai ke lembah di Zona Bogor. Di dekat daerah Cianjur sebelah gunung api terdapat topografi runtuh gunung api terdiri atas bukit-bukit tersebar di dataran.

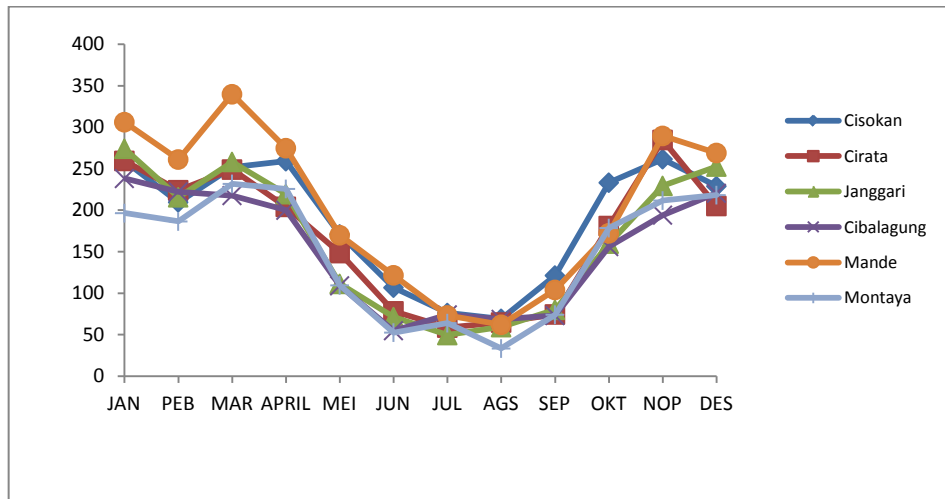
Depresi Bandung merupakan dataran aluvial pada ketinggian 650 – 675 yang dialiri oleh Sungai Citarum. Dataran ini terletak antara dua deretan gunungapi yaitu Gunung Burangrang, Gunung Bukit Tunggul dan Gunung Tangkupan Prahui di sebelah utara pada perbatasan Zona Bogor, dan Gunung Malabar, Gunung Patuha, dan Gunung Endeng pada perbatasan zona pegunungan selatan. Pada Dataran Bandung, terdapat endapan rawa. Oleh karena itu Sub DAS Cisokan memiliki wilayah dengan topografi datar dan dikelilingi oleh bukit dan pegunungan yang memiliki topografi sampai dengan sangat curam.

4.2. Kondisi Fisik Sub DAS Cisokan

4.2.1. Curah Hujan Sub DAS Cisokan

Sub DAS Cisokan dominan terletak di Kabupaten Cianjur yang secara umum beriklim tropis dengan rata-rata curah hujan tahunan sebesar 1.000 sampai 4.000 mm dan jumlah hari hujan rata-rata 150 per tahun. Berdasarkan data curah hujan dari 36 stasiun tahun 2000 – 2009, secara umum curah hujan bulanan di bulan januari sampai dengan mei di atas 150 mm tetapi mulai menurun mulai

bulan Juni sampai dengan September kemudian meningkat kembali di bulan Oktober sampai Desember (Gambar 3).



Gambar 3. Pola curah hujan bulanan tahun 2000-2009

Dari perhitungan indeks erosivitas hujan menggunakan rumus Lenvain didapatkan nilai erosivitas terendah adalah 431,4 cm/tahun yaitu pada stasiun curah hujan Cipayanggu dan nilai tertinggi adalah 2.380,7 cm/tahun yaitu pada stasiun curah hujan Pacet. Untuk menghasilkan zonasi erosivitas berdasarkan nilai keseluruhan stasiun curah hujan, digunakan metode interpolasi *natural neighbour* dan terbentuk peta curah hujan dengan nilai interval. Dalam penelitian ini, klasifikasi erosivitas hujan dikelompokkan menjadi empat kelas dengan nilai panjang kelas 207,8. Kelas erosivitas hujan kelas pertama dengan nilai erosivitas hujan 1.057,8 – 1,265,5 mencakup 154,82 km² atau 13,3 % luas Sub DAS Cisokan, meliputi Kecamatan Gunung Halu Kabupaten Bandung Barat, sebagian kecil Kecamatan Cibeber dan sebagian Kecamatan Bojongpicung Kabupaten Cianjur.

Kelas erosivitas kedua dengan nilai 1.265,5 – 1.473,3 mencakup area 452,75 km² atau 38,9% luas Sub DAS Cisokan meliputi bagian tengah dan hilir sub DAS, yaitu Kecamatan Campaka, Cibeber, Cilaku, Warungkondang dan Mande yang merupakan wilayah Kabupaten Cianjur, serta Kecamatan Gunung Halu Kabupaten Bandung Barat. Kelas erosivitas ketiga dengan nilai 1.473,3 –

1.681,0 mencakup luas 515,46 km² atau 44,2 % dari luas Sub DAS Cisokan. Zonasi tersebut meliputi daerah hulu dan hilir yaitu Kecamatan Cigenang, Karang Tengah, Sukaluyu, Bojongpicung, Ciranjang Kabupaten Cianjur. Kelas erosivitas keempat dengan nilai 1.681,0 – 1.888,8 mencakup 40,95 km² atau 3,5% dari luas Sub DAS Cisokan meliputi Kecamatan Campaka dan sebagian Kecamatan Pagelaran (Peta 2).

Menurut klasifikasi iklim Mohr atau Smith Fergusson yaitu rata-rata jumlah bulan basah atau bulan kering pada kurun waktu tertentu, Sub DAS Cisokan memiliki iklim kelas iklim basah dan agak basah dengan proporsi 32,1% dan 67,9% luas Sub DAS Cisokan. Iklim basah meliputi bagian hilir sub DAS sedangkan iklim agak basah meliputi sebagian besar bagian tengah dan hulu sub DAS (Peta 3).

4.2.2. Topografi Sub DAS Cisokan

Daerah penelitian merupakan wilayah Kabupaten Cianjur dan Bandung Barat yang merupakan daerah dataran tinggi. Dalam mengklasifikasikan ketinggian, data yang digunakan adalah kontur dengan interval 12,5 meter. Sub DAS Cisokan mempunyai ketinggian yang beragam dan tidak signifikan didominasi oleh kelas ketinggian tertentu. Kelas ketinggian yang paling luas adalah kelas 250 – 500 meter di atas permukaan laut (mdpl) yaitu seluas 380,89 km² atau 32,7%. Daerah tersebut mendominasi di bagian tengah Sub DAS Cisokan yaitu di Kecamatan Cibeber, Warungkondang, Karang Tengah, Cilaku, Ciranjang dan Bojongpicung Kabupaten Cianjur.

Kelas ketinggian kedua yang terluas adalah kelas ketinggian di atas 1000 mdpl. Daerah ini seluas 304,97 km² atau 26,2% meliputi bagian barat yaitu Gunung Putri dan bagian selatan yaitu Kecamatan Gunung Halu Kabupaten Bandung Barat. Untuk kelas ketinggian yang paling kecil luasannya adalah 100 – 250 mdpl. Daerah ini meliputi luas 32,65 km² atau 2,8 % yaitu di daerah yang berbatasan dengan Waduk Cirata sebagai hilir dari Sungai Cisokan (Peta 4).

Jika dilihat dari segi kelerengan, Sub DAS Cisokan mempunyai topografi yang beragam mulai dari daerah dataran sampai pada perbukitan dan pegunungan.

Untuk menganalisis lereng, data kontur terlebih dahulu diolah dan diklasifikasikan berdasarkan kelas lereng tertentu. Klasifikasi kelas lereng merupakan hasil dari analisis data *Digital Elevation Model* (DEM) sebagaimana disajikan dalam Peta 5. Dalam penelitian ini kelas lereng yang digunakan sebagaimana yang dijelaskan pada Tabel 16 di bawah ini.

Tabel 16. Topografi Sub DAS Cisokan

Kelas Lereng (%)	Klasifikasi Lereng	Nilai LS	Luas (km ²)	Persentase (%)
0 – 8	Datar	0,4	446,05	38,3
8 – 15	Landai	1,4	177,37	15,2
15 – 25	Agak Curam	3,1	270,16	23,2
25 – 40	Curam	6,8	179,22	15,4
>40	Sangat Curam	9,5	91,17	7,8

Sumber : Pengolahan data, 2011

Dari Tabel 16, topografi daerah penelitian didominasi oleh daerah datar yaitu pada bagian tengah Sub DAS Cisokan dan sebagian di kaki bukit pada bagian hulu. Topografi terluas kedua adalah agak curam yaitu kelas lereng 15 – 25% yang mendominasi pada bagian kaki perbukitan yang memanjang pada bagian barat dan selatan. Kelas lereng 8 – 15 % meliputi daerah kaki perbukitan bagian hulu dan daerah Gunung Putri. Kelas lereng >40% dengan topografi sangat curam meliputi daerah gunung dan aliran sungai daerah perbukitan. Faktor topografi yang sangat terjal menjadikan faktor pembatas dalam penentuan pengelolaan tanaman dan peningkatan usaha konservasi. Untuk mendapatkan gambaran mengenai kelas lereng daerah penelitian dapat dilihat pada Peta 6.

4.2.3. Jenis Tanah Sub DAS Cisokan

Jenis tanah di daerah penelitian sangat bervariasi, dari jenis tanah aluvial, latosol, andosol dan gramusol (Peta 7). Jenis tanah yang paling luas adalah jenis tanah latosol yaitu latosol coklat dan latosol coklat merah yang berasal dari bahan induk tuf volkan intermedier. Latosol coklat di daerah penelitian bervariasi yaitu latosol coklat 21,3% luas Sub DAS Cisokan, kompleks latosol merah dan latosol

coklat kemerahan 14,8%, latosol coklat kekuningan 2,7% dan latosol coklat tua kemerahan 4,3%. Bahan induk yang menyusun latosol coklat berasosiasi dominan pada topografi datar, tetapi juga menyebar pada topografi landai hingga sangat terjal. Jenis tanah latosol coklat menyebar sepanjang barat Sub DAS Cisokan yaitu merupakan terusan Gunung Putri dan memanjang di bagian perbukitan timur mulai dari Gunung Halu sampai pada daerah Campaka. Menurut Hikmatullah (2009), tanah yang terbentuk dari bahan induk tuf/abu vulkan muda sangat sesuai dengan pengembangan pertanian, sedangkan intermedier didasarkan kandungan SiO_2 pada kisaran 52% - 65%. Komposisi luas jenis tanah di Sub DAS Cisokan secara rinci disajikan pada Tabel 17.

Tabel 17. Jenis tanah Sub DAS Cisokan

JENIS TANAH	BAHAN INDUK	Nilai K	LUAS	
			HA	%
Aluvial Coklat Kelabu	Endapan liat	0,315	1.414,6	9,8
Asosiasi Aluvial Coklat Kelabu dan Aluvial Coklat kelabuan	Endapan liat dan pasir	0,193	5.016,5	4,3
Asosiasi Andosol Coklat dan Regosol Coklat	Abu/pasir dan tuf vulkan intermedier	0,271	14.516,1	12,5
Grumusol Kelabu Tua	Batu kapur dan napal	0,187	5.689,1	4,9
Kompleks Latosol Merah dan Latosol Coklat Kemerahan	Tuf vulkan intermedier	0,061	17.263,6	14,8
Kompleks Latosol Merah Kekuningan, Latosol Coklat, Podsolik Merah Kekuningan dan Litosol	Batuan endapan dan vulkan	0,116	9.877,5	8,5
Kompleks Mediteran Coklat Kemerahan dan Litosol	Batu kapur dan napal	0,188	117,3	0,1
Kompleks Podsolik Merah Kekuningan, Podsolik Kuning dan Regosol	Batu pasir dan batu liat	0,175	18.985,3	16,3
Kompleks Regosol Kelabu dan Litosol	Abu/Pasir, tuf dan batuan vulkan intermedier sampai basis	0,172	608,0	0,5
Latosol Coklat	Tuf vulkan intermedier	0,175	24.743,2	21,3
Latosol Coklat Kekuningan	Tuf vulkan intermedier	0,082	3.200,3	2,7
Latosol Coklat Tua Kemerahan	Tuf vulkan intermedier	0,058	4.967,3	4,3

Sumber : Pusat Penelitian Tanah dan Pengolahan Data

Jenis tanah kompleks podsolik merah kekuningan, podsolik kuning dan regosol pada daerah penelitian memiliki luas 189,85 km² atau 16,3% luas Sub DAS Cisokan. Jenis tanah ini berasal dari bahan induk batu pasir dan batu liat. Jenis ini menyebar pada bagian timur hilir yaitu di daerah Bojongpicung dan timur hulu daerah penelitian yaitu di daerah sebagian Campaka dan Gunung Halu. Menurut Notohadiprawiro (2006), jenis tanah ini memiliki tingkat keasaman yang tinggi yang menyebabkan ketersediaan hara sedikit, daya simpan air terbatas yang menyebabkan tanah mudah mengalami kekeringan, jeluk (*depth*) efektif tanah terbatas yang pada gilirannya akan memperbesar kemungkinan terjadinya erosi. Tanah podsolik merah kuning berkendala ganda berkenaan dengan sifat fisik, fisika kimia, kimia, biologi dan morfologi sehingga dibutuhkan metode dalam peningkatan kandungan hara dan pengelolaan tanah secara intensif.

Jenis tanah yang memiliki daerah sebaran relatif luas pada daerah penelitian adalah asosiasi andosol coklat dan regosol coklat yang berasal dari abu/pasir dan tuf volkan intermedier yaitu mencakup 12,5 % luas Sub DAS Cisokan. Jenis tanah ini menyebar di bagian barat yaitu di Gunung Putri dan di bagian selatan yaitu Gunung Masigit. Bahan induk dari jenis tanah ini sama dengan jenis tanah latosol yang bersifat subur dan sesuai dengan pengembangan pertanian. Menurut Mohr et al (1972) dalam Cahyono (2002), jenis tanah andosol berstruktur granular, sangat porus, tiksotropik, tidak plastik dan retensi air tinggi. Regosol coklat mempunyai drainase yang baik dengan tekstur pasir sampai berbutir tunggal, remah, gembur dengan tingkat keasaman (pH) 5,5 – 6.

Jenis tanah aluvial kelabu dan asosiasinya juga memiliki luasan yang relatif luas yaitu 9,8% dan 4,3 %. Aluvial kelabu berasal dari bahan induk endapan liat dan pasir. Jenis tanah ini berasosiasi pada daerah yang memiliki topografi datar dan merupakan daerah endapan dari partikel yang dibawa oleh sungai. Oleh karena itu jenis tanah ini menyebar pada aliran sungai utama yaitu di daerah hilir yang datar. Jenis tanah aluvial pada daerah penelitian berasal dari bahan induk endapan liat dan pasir yang memiliki tekstur sedang hingga kasar, mempunyai konsistensi keras pada saat kering dan teguh pada saat lembab dan kandungan unsur hara relatif kaya. Dari Tabel 17, terlihat bahwa jenis tanah di

daerah penelitian bervariasi, tetapi secara keseluruhan mempunyai bahan induk yang relatif seragam yaitu abu/pasir dan tuf vulkan intermedier.

4.2.4. Penutupan Lahan Sub DAS Cisokan

Penutupan lahan sebagai aspek sosial merupakan cerminan dari aktivitas manusia. Perkembangan jumlah dan aktivitas manusia menyebabkan perubahan penutupan lahan yang signifikan. Dalam penelitian ini, waktu pengamatan adalah tahun 2000 – 2009. Hal ini disesuaikan oleh ketersediaan data sekunder dan asumsi signifikansi perubahan penutupan lahan.

Daerah penelitian berada pada daerah administrasi Kabupaten Cianjur dan Bandung Barat. Kabupaten Cianjur dikenal sebagai daerah penghasil beras yang termasuk pada jenis komoditas unggulan. Sebagai daerah penghasil beras, Cianjur memiliki luas daerah pertanian yang luas dan meliputi seluruh daerah datar bahkan meluas hingga ke daerah landai dan agak curam. Berdasarkan hasil interpretasi citra Landsat 7 ETM+, akan dijelaskan penutupan lahan di daerah penelitian dalam kurun waktu 2000 – 2009.

4.2.4.1. Tahun 2000

Penutupan lahan di daerah penelitian beragam, tetapi secara umum penutupan tersebut berkisar di sektor pertanian dan kehutanan dikarenakan Kabupaten Cianjur dan Kabupaten Bandung Barat merupakan kabupaten yang berkembang dari sektor pertanian dan kehutanan. Selain itu, secara ekologis daerah penelitian merupakan wilayah konservasi dan fungsi lindung hal itu karena posisi daerah penelitian merupakan wilayah hulu dari DAS Citarum sehingga pemanfaatan lahan lebih ditekankan pada sektor pertanian dan kehutanan.

Penutupan lahan di Sub DAS Cisokan pada tahun 2000 disajikan dalam Tabel 18 dan di bawah ini.

Tabel 18. Penutupan lahan Sub DAS Cisokan tahun 2000

No	Jenis Penutupan Lahan	Nilai CP	Luas	
			Ha	%
1	Hutan Primer	0,01	1.219,0	1,07
2	Hutan Sekunder	0,05	33.931,1	29,15
3	Perkebunan	0,02	8.460,4	7,27
4	Semak/Belukar	0,10	875,3	0,75
5	Pertanian Lahan Kering	0,20	17.136,4	14,72
6	Pertanian Lahan Kering Campur	0,28	11.906,4	10,23
7	Sawah	0,02	36.478,0	31,34
8	Pemukiman	0,50	4.881,1	4,19
9	Tanah Terbuka/kosong	1	903,6	0,78
10	Badan Air	0,00	607,5	0,52

Sumber : Hasil Interpretasi Citra dan Pengolahan Data, 2011

Dari Tabel di atas, penutupan lahan terluas di daerah penelitian adalah sawah yaitu sebesar 364,78 km² atau 31,3% dari luas Sub DAS Cisokan. Daerah persawahan meliputi banyak kecamatan yaitu Warungkondang, Cugenang, Cilaku, Sukaluyu, Ciranjang, Karang Tengah, Cianjur dan sebagian kecil Gunung Halu dan Campaka.

Selain persawahan, penutupan hutan sekunder juga memiliki area yang cukup luas yaitu 339,3 km² atau 29,2% Sub DAS Cisokan. Hutan sekunder tersebar meliputi Kecamatan Bojongpicung, Cibeber, Mande, Sindangkerta, sebagian kecil Gunung Halu, Campaka dan Cigenang. Penutupan lahan pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campur dan perkebunan juga cukup luas terdapat di daerah penelitian, yaitu mencakup 14,7%, 10,2% dan 7,3% luas keseluruhan sedangkan pemukiman hanya sebesar 4,19% (Peta 8).

Jika dikaitkan dengan ketinggian tempat, persebaran penutupan lahan di daerah penelitian seperti yang tersaji dalam Tabel 19.

Tabel 19. Luas penutupan lahan tahun 2000 menurut ketinggian (Ha)

Kelas Penutupan Lahan	Kelas Ketinggian				
	100 – 250m	250 – 500m	500 – 700m	700 – 1000m	>1.000m
Hutan Primer					1.219,0
Hutan Sekunder	253,5	3.549,8	6.007,4	9.118,4	15.002,5
Perkebunan	439,1	3.417,9	1.362,9	1.393,3	1.847,3
Semak/Belukar			85,6	415,6	374,1
Pertanian Lahan Kering	325,0	2.726,9	5.482,7	5.939,5	2.662,3
Pertanian Lahan Kering Campur		3.119,7	199,2	2.686,4	5.901,2
Sawah	1.270,6	21.761,1	3.761,8	7.132,5	2.551,8
Pemukiman	477,6	3.487,7	638,2	220,8	56,9
Tanah Terbuka/kosong	1,6		7,1	152,3	742,6
Badan Air	475,3	132,2			

Sumber : Pengolahan Data, 2011

Dari Tabel 19, diketahui bahwa penggunaan tanah hutan dominan pada daerah dengan ketinggian >1.000 mdpl, walaupun secara keseluruhan hutan berada pada semua kelas ketinggian yang ada tetapi dengan proporsi yang semakin menurun sejalan dengan menurunnya ketinggian tempat. Area perkebunan banyak terdapat pada ketinggian 250 – 500 mdpl yaitu seluas 3.417,9 ha tetapi tersebar juga di ketinggian sampai lebih dari 1000 mdpl. Perkebunan di daerah penelitian adalah perkebunan teh dan karet.

Pertanian lahan kering cenderung memperlihatkan pola menyebar di semua ketinggian dengan luasan yang relatif sama sedangkan pertanian lahan kering campur yang paling luas berada pada ketinggian di atas 1000 mdpl. Penutupan lahan pertanian lahan kering dan campur tidak menunjukkan pola yang khusus terhadap ketinggian tempat, berbeda halnya dengan penutupan lahan hutan. Sawah sangat mendominasi pada ketinggian 250 – 500 mdpl, karena kelas ketinggian tersebut merupakan yang paling dominan di Sub DAS Cisokan. Hubungan antara penutupan lahan sawah dan ketinggian tempat tidak signifikan dan tidak menunjukkan pola yang khusus. Sawah lebih terpengaruh dan berasosiasi dengan faktor lain salah satunya adalah lokasi pemukiman.

Pemukiman tersebar di semua kelas ketinggian, tetapi dominan di daerah dengan ketinggian 250 – 500 mdpl. Pola pemukiman tidak signifikan dipengaruhi oleh ketinggian tetapi lebih dipengaruhi oleh faktor lain, salah satunya adalah pusat perkembangan atau pusat kota. Di daerah penelitian, pusat perkembangan

salah satunya adalah Kota Cianjur dan itu terletak di ketinggian 250 – 500 mdpl. Penutupan lahan berupa semak/belukar atau lahan kosong lebih banyak berada pada ketinggian 700 – 1000 mdpl dan di atas 1000 mdpl. Hal ini dapat dipengaruhi oleh faktor alami seperti pada daerah puncak gunung yang biasanya berupa lahan kosong dan semak atau faktor manusia yaitu terjadi perambahan di area hutan yang berada di ketinggian tersebut.

Penutupan lahan dapat dipengaruhi oleh faktor lereng, dimana faktor tersebut berkaitan dengan kesesuaian lahan dengan jenis tanaman atau komoditas tertentu.

Tabel 20. Luas penutupan lahan tahun 2000 menurut kelas lereng (Ha)

Kelas Penutupan Lahan	Kelas Lereng				
	0 – 8%	8 – 15%	15 – 25%	25 – 40%	>40%
Hutan Primer	43,5		19,8	529,9	626,3
Hutan Sekunder	966,0	2.675,8	11.595,3	12.232,1	6.461,9
Perkebunan	2.382,2	2.880,3	1.865,7	1.199,6	132,6
Semak/Belukar	130,1	191,2	247,6	168,6	138,4
Pertanian Lahan Kering	4.562,4	3.876,3	6.339,4	2.049,7	308,6
Pertanian Lahan Kering Campur	3.372,5	3.563,2	3.193,6	725,8	1.051,4
Sawah	27.926,0	3.909,0	3.324,1	977,7	341,8
Pemukiman	4.610,1	223,3	37,7	3,8	6,3
Tanah Terbuka/kosong	34,5	403,2	381,4	34,2	50,2
Badan Air	578,7	14,3	12,0	2,5	

Sumber : Pengolahan Data, 2011

Dari Tabel 20 di atas, terlihat bahwa penutupan lahan hutan sekunder terdapat di semua kelas lereng dengan komposisi terluas pada kelerengan 25 – 40 % dan 15 – 25 %. Jenis hutan ini dapat berupa hutan sekunder yang diusahakan oleh Perum Perhutani atau masyarakat. Hutan primer secara dominan berada pada kelerengan 25 – 40% dan >40% yaitu di daerah lereng gunung dan perbukitan yang curam.

Perkebunan menyebar di semua kelas lereng, penerapan sistem pengolahan tanah berupa teras-teras pada kelerengan curam adalah salah satu upaya konservasi tanah. Perkebunan teh dan karet yang banyak dijumpai di daerah penelitian seperti pada perkebunan teh Gunung Kancana. Pada perkebunan ini variasi lereng berkisar antara 0 – 40%.

Pemukiman sebagian besar berada pada daerah datar yaitu kelerengan 0 – 8% walaupun terdapat pemukiman di semua kelas lereng. Sama halnya dengan sawah, yang sebagian besar terdapat pada kelerengan 0 - 8%. Sawah yang merupakan pertanian lahan basah membutuhkan pengelolaan intensif, oleh karena itu lokasi persawahan berasosiasi oleh lokasi pemukiman. Faktor kelerengan secara langsung membatasi pemanfaatan lahan berupa lahan sawah, hal ini terkait dengan sistem pengelolaan tanah dan keterbatasan dalam memperoleh air untuk pengairan.

Tanah terbuka dan semak/belukar berada pada semua kelas lereng. Tanah terbuka sebagian besar berada pada kelerengan 8 – 15% dan 15 – 25% sedangkan semak/belukar pada kelerengan 15 – 25%. Perubahan lahan menjadi tanah terbuka harus mampu diminimalisir, khususnya pada daerah yang memiliki kelerengan curam dan sangat curam. Hal tersebut terkait dengan kerawanan terjadinya gerakan tanah dan erosi.

Selain keterkaitannya dengan faktor ketinggian dan kelerengan, perlu dibahas juga keterkaitan penutupan lahan dengan fungsi lahan khususnya fungsi kawasan hutan. Hal ini terkait dengan fungsi ekologis Sub DAS Cisokan sebagai daerah tangkapan hujan dan pencegahan degradasi lahan khususnya untuk DAS Citarum sebagai kesatuan ekologis. Berdasarkan Surat Keputusan (SK) Menteri Kehutanan Nomor 195/Kpts-II/2003 tanggal 4 Juli 2003, luas kawasan hutan Provinsi Jawa Barat seluas 816.603 Ha yaitu kawasan hutan konservasi seluas 132.180 Ha, hutan lindung seluas 291.306 Ha, hutan produksi terbatas seluas 190.152 Ha dan hutan produksi tetap seluas 202.965 Ha. SK tersebut memberikan legalitas tentang status suatu lahan sebagai kawasan hutan walaupun pada kenyataannya lahan tersebut tidak berpenutupan lahan sebagai hutan. Pada daerah penelitian, luas kawasan hutan konservasi meliputi 3.214,6 Ha, hutan lindung

seluas 14.168,5 Ha, hutan produksi terbatas seluas 1.894 Ha dan hutan produksi tetap seluas 16.217,5.

Tabel 21. Luas penutupan lahan tahun 2000 menurut fungsi kawasan hutan (Ha)

Kelas Penutupan Lahan	Fungsi Kawasan Hutan			
	Konservasi	Lindung	Produksi Terbatas	Produksi Tetap
Hutan Primer	262,1	982,2	-	-
Hutan Sekunder	2.141,0	11.026,5	818,7	11.685,0
Perkebunan	595,5	-	39,0	310,7
Semak/Belukar	10,4	87,4	-	288,7
Pertanian Lahan Kering	21,5	37,4	-	1.767,7
Pertanian Lahan Kering Campur	163,2	1.187,0	594,6	1.507,7
Sawah	-	479,9	432,9	539,1
Pemukiman	-	-	8,4	0,6
Tanah Terbuka/kosong	20,9	368,2	0,5	110,9
Badan Air				7,1

Sumber : Pengolahan Data, 2011

Dari Tabel 21 di atas, diketahui bahwa secara umum kawasan hutan masih didominasi oleh penutupan lahan hutan primer dan hutan sekunder yaitu seluas 26.915,5 Ha atau 75,8% dari seluruh luas kawasan hutan. Jika di hitung untuk masing-masing fungsi kawasan hutan maka penutupan lahan hutan pada fungsi hutan konservasi seluas 2.403,2 Ha atau 74,8%, 12.008,6 Ha atau 84,8% di kawasan hutan lindung, 818,7 Ha atau 43,2% di hutan produksi terbatas dan 11.685 Ha atau 72,1% di hutan produksi tetap (Peta 8). Pada kawasan hutan produksi khususnya hutan produksi terbatas, proporsi penutupan lahan hutan menunjukkan nilai yang lebih kecil. Hal tersebut disebabkan penutupan lahan berupa perkebunan, pertanian lahan kering, sawah dan pemukiman, banyak dijumpai bahkan variasi penutupan lahan sangat tinggi pada kawasan hutan produksi tetap. Dari nilai-nilai tersebut, secara keseluruhan menunjukkan bahwa

penutupan lahan di tahun 2000, masih mendukung dalam aspek perlindungan dan konservasi lahan.

4.2.4.2. Tahun 2009

Perkembangan wilayah pada aspek ekonomi, sosial, budaya dan politik serta kependudukan menyebabkan kebutuhan akan ketersediaan lahan menjadi meningkat. Dalam kurun 2000 – 2009, Sub DAS Cisokan mengalami perubahan penutupan lahan. Berdasarkan hasil interpretasi citra dan pengamatan lapangan, sawah adalah penutupan lahan terluas yaitu 34.577,0 Ha atau 29,7% (Tabel 22). Sawah mendominasi pada bagian tengah hingga menuju hilir pada aliran utama Sungai Cisokan, meliputi Kecamatan Ciranjang, Sukaluyu, Karang Tengah, Cianjur, sebagian Bojongpicung, Cibeber, Cigenang dan Gunung Halu. Kedua adalah hutan sekunder yaitu 31.806,5 Ha atau 27,3%, memanjang di perbukitan sebelah timur dari Bojongpicung sampai sebagian Cibeber dan Gunung Halu. Selain itu memanjang di selatan daerah penelitian yaitu Gunung Masigit, sebagian Kecamatan Gunung Halu sampai ke sebagian Kecamatan Campaka (Peta 9).

Tabel 22. Penutupan lahan Sub DAS Cisokan tahun 2009

No	Kelas Penutupan Lahan	Nilai CP	Luas	
			Ha	%
1	Hutan Primer	0,01	259,2	0,22
2	Hutan Sekunder	0,05	31.806,5	27,33
3	Perkebunan	0,02	8.842,5	7,60
4	Semak/Belukar	0,10	708,9	0,61
5	Pertanian Lahan Kering	0,20	4.487,5	3,86
6	Pertanian Lahan Kering Campur	0,28	24.528,1	21,07
7	Sawah	0,02	34.577,0	29,71
8	Pemukiman	0,50	9.514,0	8,17
9	Tanah Terbuka/kosong	1	1.067,6	0,92
10	Badan Air	0,00	607,5	0,52

Sumber : Hasil Interpretasi Citra dan Pengolahan Data, 2011

Penutupan lahan pertanian lahan kering campur juga memiliki sebaran yang cukup luas yaitu meliputi 21,1% luas Sub DAS Cisokan. Menyebar di bagian barat ke selatan yaitu sebagian Kecamatan Campaka, Cibeber dan Gunung Halu. Pemukiman tahun 2009 seluas 9.514,0 Ha atau 8,2% yang menyebarkan

berasosiasi dengan kegiatan pertanian khususnya pertanian lahan basah dan lahan kering. Penutupan lahan terbuka dan semak/belukar hanya mencakup area yang relatif kecil yaitu 0,9% dan 0,6% luas daerah penelitian. Hal ini menunjukkan kondisi yang cukup baik bagi upaya minimasi degradasi lahan tetapi juga perlu diketahui faktor kemiringan lerengnya sebagai faktor pemicu terjadinya erosi bahkan gerakan tanah.

Penutupan lahan tahun 2009 jika dikaitkan dengan aspek topografi yaitu ketinggian dan kelerengan akan membantu memberi gambaran tentang kondisi lingkungan pemanfaatan lahan berdasarkan kesesuaian daya dukung fisik lahan tersebut. Tabel 23 akan menyajikan hubungan penutupan lahan tahun 2009 dengan faktor ketinggian tempat.

Tabel 23. Luas penutupan lahan tahun 2009 menurut ketinggian (Ha)

Kelas Penutupan Lahan	Kelas Ketinggian				
	100 – 250m	250 – 500m	500 – 700m	700 – 1000m	>1.000m
Hutan Primer					259,2
Hutan Sekunder	253,5	3.242,8	5.866,9	8.889,9	13.554,0
Perkebunan	420,5	3.274,8	1.322,5	1.326,9	2.497,8
Semak/Belukar			82,7	419,0	207,2
Pertanian Lahan Kering	166,2	1.801,1	1.085,1	1.415,4	19,6
Pertanian Lahan Kering Campur		3.844,9	4.307,0	6.647,2	9.729,3
Sawah	1.259,7	21.606,1	3.720,3	5.818,3	2.172,6
Pemukiman	509,0	4.084,5	1.004,1	2.396,4	1.519,9
Tanah Terbuka/kosong	158,5	208,9	156,4	145,5	398,2
Badan Air	475,3	132,3			

Sumber : Pengolahan Data, 2011

Pola sebaran penutupan lahan berdasarkan ketinggian tempat di atas permukaan laut menunjukkan pola yang bervariasi. Penutupan lahan hutan meningkat mengikuti tinggi tempat yaitu mencakup area seluas 13.813,2 Ha di ketinggian >1.000 mdpl. Sama halnya dengan pertanian lahan kering campur yang mencakup area seluas 9.729,3 Ha pada ketinggian >1.000 mdpl. Tetapi secara keseluruhan penutupan lahan tidak menunjukkan pola yang khusus jika dikaitkan dengan faktor ketinggian.

Pemukiman sangat dominan berada pada ketinggian 250 – 500 mdpl dikarenakan pusat perkembangan yaitu Kota Cianjur berada pada kelas ketinggian tersebut dan merupakan dominasi ketinggian di daerah penelitian. Sama halnya dengan sawah yang dominan terdapat di daerah dengan ketinggian 250 – 500m yaitu seluas 21.606,1 Ha. Tanah terbuka tersebar di semua kelas ketinggian akan tetapi yang memiliki luasan terbesar adalah di ketinggian >1.000 mdpl yaitu seluas 398,2 Ha. Tanah terbuka pada ketinggian di atas 1.000 m, dapat berupa puncak gunung seperti pada puncak Gunung Putri atau lahan yang sengaja dibuka akibat pembukaan lahan hutan.

Dilihat dari aspek kelerengan, penutupan lahan tahun 2009 di daerah penelitian menunjukkan pola yang cukup seragam yaitu makin berkurang sejalan dengan makin curamnya lereng suatu lahan. Hal ini berlaku pada penutupan lahan sawah, pemukiman dan pertanian lahan kering. Hutan sekunder mendominasi pada daerah dengan kelerengan 25 – 40% sebagaimana disajikan dalam Tabel 24. Sawah sangat mendominasi pada daerah dengan kelerengan 0 – 8%, sama halnya dengan pemukiman. Pertanian lahan kering campur tidak memperlihatkan pola khusus terhadap kelerengan dan terluas pada kelerengan 15 – 25%. Tanah terbuka pada kelas lereng sangat curam yaitu >40% menunjukkan nilai yang relatif kecil dibandingkan dengan kelas lereng lainnya.

Tabel 24. Luas penutupan lahan tahun 2009 menurut kelas lereng (Ha)

Kelas Penutupan Lahan	Kelas Lereng				
	0 – 8%	8 – 15%	15 – 25%	25 – 40%	>40%
Hutan Primer	43,0			25,3	190,9
Hutan Sekunder	783,1	2.126,5	10.060,3	12.241,0	6.595,6
Perkebunan	2.269,3	2.775,5	2.229,5	1.442,9	125,3
Semak/Belukar	79,6	148,1	219,2	130,7	131,3
Pertanian Lahan Kering	2.252,4	899,3	770,9	450,9	114,0
Pertanian Lahan Kering Campur	5.328,4	6.108,6	9.209,4	2.323,9	1.557,9
Sawah	27.015,9	3.214,8	3.027,8	987,3	331,3
Pemukiman	5.926,9	2.263,3	1.082,1	201,2	40,4
Tanah Terbuka/kosong	328,1	186,1	405,4	117,2	30,8
Badan Air	578,7	14,31	12,0	2,5	

Sumber : Pengolahan Data, 2011

Dilihat dari aspek fungsi kawasan hutan, penutupan lahan Sub DAS Cisokan tahun 2009, mempunyai luasan sebagaimana disajikan pada Tabel 25.

Tabel 25. Luas penutupan lahan tahun 2009 menurut fungsi kawasan hutan (Ha)

Kelas Penutupan Lahan	Fungsi Kawasan Hutan			
	Konservasi	Lindung	Produksi Terbatas	Produksi Tetap
Hutan Primer	262,1			
Hutan Sekunder	1.532,6	10.826,6	786,3	11.306,4
Perkebunan	1.203,9		39,0	310,7
Semak/Belukar		49,0		261,1
Pertanian Lahan Kering	1,8			406,3
Pertanian Lahan Kering Campur	148,8	2.555,3	595,0	3.205,1
Sawah		479,9	465,4	542,5
Pemukiman	34,1		8,4	0,6
Tanah Terbuka/kosong	31,3	257,7	-	177,7
Badan Air				7,1

Sumber : Pengolahan Data, 2011

Area hutan meliputi 69,6% luas seluruh kawasan hutan. Nilai ini menurun jika dibandingkan dengan penutupan hutan pada tahun 2000. Luas hutan pada kawasan hutan menurun dari 26.915,5 Ha menjadi 24.714,1 Ha, yaitu sebesar 5,2%. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa penurunan luas hutan pada kawasan hutan berkurang sebesar 0,5% setiap tahunnya. Jika dihitung penutupan lahan dalam kurun waktu 2000 – 2009 berdasarkan masing-masing fungsi kawasan hutan, secara keseluruhan luas hutan mengalami penurunan.

Penutupan hutan pada hutan konservasi menurun dari 74,8% menjadi 55,8%. Penurunan ini diakibatkan adanya perubahan penutupan hutan menjadi perkebunan di wilayah Taman Nasional Gede Pangrango yaitu di zona pemanfaatan Gunung Putri. Pada kawasan hutan lindung, penutupan hutan berkurang dari 84,8% menjadi 76,4%. Penurunan ini terjadi karena perubahan penutupan hutan menjadi pertanian lahan kering campur. Penurunan penutupan

hutan di kawasan hutan produksi terbatas dan hutan produksi tetap hanya menunjukkan penurunan yang relatif kecil, meskipun secara legal kawasan tersebut paling memungkinkan untuk terjadinya perubahan fungsi kawasan khususnya hutan produksi tetap. Penurunan tersebut hanya sekitar 1,7% di kawasan hutan produksi terbatas dan 2,3% di kawasan hutan produksi tetap (Peta 9).

4.2.4.3. Perubahan Penutupan Lahan Tahun 2000 – 2009

Selama kurun waktu 10 tahun, penutupan lahan sebagai aspek dinamis pasti akan menunjukkan suatu perubahan. Berikut matrik perubahan penutupan lahan di tahun 2000 sampai dengan 2009.

Tabel 26. Matrik perubahan penutupan lahan tahun 2000 – 2009 (Ha)

Tahun 2000	Tahun 2009									
	HP	HS	Pkbn	SB	PLK	PLKC	S	P	TK	BA
HP	259,2	959,8	-	-	-	-	-	-	-	-
HS	-	30.846,7	727,2	-	-	1.647,4	277,7	307,6	124,4	-
Pkbn	-	-	8.095,0	-	-	-	-	365,4	-	-
SB	-	-	-	700,6	-	148,8	-	15,8	10,1	-
PLK	-	-	-	-	4.487,5	11.160,7	-	919,3	568,9	-
PLKC	-	-	-	-	-	10.876,7	-	999,1	30,6	-
S	-	-	20,2	-	-	138,6	34.295,2	2.024,0	-	-
P	-	-	-	-	-	-	-	4.881,1	-	-
TK	-	-	-	8,3	-	555,9	4,2	1,6	333,6	-
BA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	607,5

Sumber : Pengolahan Data, 2011

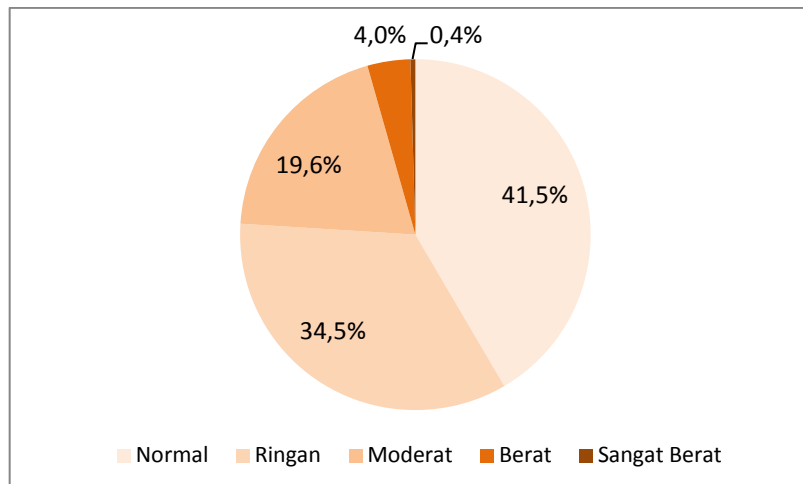
Keterangan : HP = Hutan Primer HS = Hutan Sekunder Pkbn = Perkebunan
 SB = Semak/Belukar PLK = Pertanian Lahan Kering
 PLKC = Pertanian Lahan Kering Campur S = Sawah
 P = Pemukiman TK = Tanah Terbuka/Kosong BA = Badan Air

Dari matrik di atas, komposisi perubahan banyak terjadi pada sisi kanan dibandingkan dengan sisi kiri. Hal ini dapat dikatakan bahwa perubahan penutupan lahan yang terjadi di Sub DAS Cisokan makin memperbesar resiko

terjadinya degradasi lahan dan erosi. Resiko terjadinya erosi tersebut dapat dilihat dari nilai CP tahun 2009 yang lebih besar dari tahun 2000 sehingga akan mempengaruhi tingkat bahaya erosi. Pada matrik di atas, terjadi perubahan penutupan lahan dari hutan primer menjadi hutan sekunder seluas 959,8 Ha. Hutan sekunder menjadi perkebunan seluas 727,2 Ha, menjadi pertanian lahan kering campur seluas 1.647,4 Ha, menjadi sawah 277,7 Ha, menjadi pemukiman 307,6 Ha dan menjadi tanah terbuka/kosong seluas 124,4 Ha. Perubahan lahan yang dapat meminimasi resiko erosi dapat berupa sawah menjadi lahan perkebunan seluas 20,2 Ha, tanah terbuka/kosong menjadi semak/belukar seluas 8,3 Ha, tanah terbuka/kosong menjadi pertanian lahan kering campur seluas 564,9 Ha, tanah terbuka/kosong menjadi sawah seluas 4,2 Ha dan pemukiman seluas 1,6 Ha.

4.2.5. Tingkat Erosi Berdasarkan Model USLE

Model USLE digunakan untuk memprediksi besarnya erosi suatu daerah. Metode ini menggunakan persamaan empiris yang melibatkan variabel curah hujan, kelas lereng dan jenis tanah. Hasil dari perhitungan erosi Model USLE pada penelitian ini hanya merupakan sebagai bagian dari proses perhitungan Model Calsite. Tahun 2000, menunjukkan tingkat erosi Sub DAS Cisokan di dominasi oleh tingkat erosi normal atau di bawah 15 ton/ha/tahun yaitu sebesar 41,5% (Gambar 4). Tingkat erosi normal terjadi paling banyak pada lahan persawahan dengan persentase 29,7% dan lahan perkebunan sebesar 5% (Tabel 27). Erosi tersebut terjadi sebesar 30,2% pada topografi datar yaitu kelerengan 0 – 8% dan 7,1% terjadi pada topografi landai yaitu kelerengan 8 – 15% (Gambar 5). Tingkat erosi normal terjadi menyebar di seluruh jenis tanah yang ada pada daerah penelitian, tetapi menunjukkan luasan tertinggi yaitu pada jenis tanah latosol coklat sebesar 8,7% dan aluvial coklat kelabu sebesar 7,5% dari luas Sub DAS Cisokan.



Gambar 4. Tingkat erosi (Model USLE) Sub DAS Cisokan tahun 2000

Tingkat erosi kedua yang banyak terjadi di Sub DAS Cisokan pada tahun 2000 adalah tingkat erosi ringan yaitu 15 – 60 ton/ha/tahun. Tingkat erosi ringan sebesar 34,5% luas Sub DAS Cisokan dengan persentase paling banyak terjadi pada penutupan lahan hutan sekunder sebesar 14,9%. Selain itu pada penutupan lahan pertanian lahan kering dan pertanian lahan kering campur juga menunjukkan luas yang relatif signifikan yaitu 5,8% dan 5,3%. Tingkat erosi ini terjadi pada semua kelas topografi, yaitu signifikan pada topografi agak curam dengan kelerengan 15 – 25% sebesar 10,3%, topografi curam dengan kelerengan 25 – 40% sebesar 8,6% dan topografi datar dengan kelerengan 0 – 8% sebesar 7,5%. Keterkaitan tingkat erosi dengan faktor jenis tanah tidak menunjukkan pola yang khusus. Pada tingkat erosi ringan, erosi banyak terjadi pada jenis tanah kompleks latosol merah dan latosol coklat kemerahan yaitu seluas 8,5%.

Tingkat erosi ketiga yang banyak terjadi di daerah penelitian adalah tingkat erosi moderat (60 – 180 ton/ha/tahun) yaitu sebesar 19,6%. Terjadi terbesar pada penutupan lahan hutan sekunder dan pertanian lahan kering sebesar 9,5% dan 6%. Tingkat erosi moderat cukup mendominasi pada daerah dengan topografi agak curam seluas 8,6% dan curam seluas 5,2%. Jenis tanah asosiasi andosol coklat dan regosol coklat mengalami tingkat erosi moderat seluas 5,7% sedangkan kelas latosol coklat seluas 5,5%.

Menurut Arsyad (2010), Aliran permukaan adalah air yang mengalir di atas permukaan tanah atau bumi. Aliran ini yang paling penting sebagai penyebab erosi. Arsyad (2010) menyatakan beberapa sifat aliran permukaan yang dapat menimbulkan erosi yaitu dinyatakan dalam jumlah, kecepatan, laju, dan gejalak aliran permukaan. Selanjutnya Schwab et al (1981) dalam Arsyad (2010) menyatakan kecepatan aliran permukaan dipengaruhi oleh radius hidrolis, kekasaran permukaan dan kecuraman lereng yang lebih dikenal dengan persamaan Manning. Kecepatan aliran berbanding lurus dengan radius hidrolis dipangkatkan dua per tiga dan kemiringan lereng dipangkatkan setengah serta berbanding terbalik dengan koefisien kekerasan permukaan.

Tingkat erosi moderat memiliki persentase luas sebesar 19,6% dari luas total Sub DAS Cisokan, mendominasi pada daerah dengan kelerengan agak curam sebesar 8,6% luas sub DAS atau 43,87% total area yang mengalami erosi tingkat moderat. Erosi moderat juga mendominasi di daerah curam dengan persentase 5,2% luas sub DAS atau 26,53% total area yang mengalami erosi tingkat moderat. Dominasi tersebut jika dikaitkan dengan teori yang disampaikan oleh Arsyad dan Schwab et al dapat terkait dengan faktor kecepatan aliran permukaan. Semakin besar kemiringan lereng suatu daerah maka akan semakin besar pula kecepatan aliran permukaan, yang pada akhirnya akan meningkatkan potensi erosi.

Berdasarkan klasifikasi tanah menurut LPT Departemen Pertanian dalam Sismanto (2009), jenis tanah andosol, laterit, grumusol, podsol dan podsolid adalah tanah yang peka terhadap erosi termasuk juga regosol, litosol, organosol dan ruzina. Latosol diklasifikasikan ke dalam agak peka terhadap erosi. Erosi tingkat moderat terjadi pada daerah dengan jenis tanah asosiasi andosol coklat dan regosol coklat seluas 5,7% luas Sub DAS Cisokan atau 29,08% area yang mengalami tingkat erosi moderat sedangkan daerah yang memiliki jenis tanah latosol coklat yang agak peka terhadap erosi seluas 28,06%.

Tingkat erosi berat yaitu 180 – 480 ton/ha/tahun dan sangat berat yaitu >480 ton/ha/tahun pada tahun 2000 hanya seluas 4% dan 0,4% dari luas daerah penelitian. Tingkat erosi berat terjadi pada hutan sekunder sebesar 1,7%, pertanian lahan kering sebesar 1,3%, pertanian lahan kering campur sebesar 0,5% dan

sebagian kecil pada tanah terbuka, pemukiman dan semak belukar. Tingkat erosi berat terjadi lebih banyak pada daerah curam dan sangat curam yaitu 1,3% dan 2,2% dengan jenis tanah asosiasi andosol coklat dan regosol coklat sebesar 1,9% dan kompleks latosol merah kekuningan, latosol coklat, podsolik merah kekuningan dan litosol sebesar 0,7%. Tingkat erosi sangat berat terjadi pada penutupan lahan tanah terbuka seluas 0,3% dan pertanian lahan kering seluas 0,1% dan pada topografi agak curam seluas 0,2% dan sangat curam seluas 0,1% sedangkan jenis tanah berupa latosol coklat sebesar 0,2% dan asosiasi andosol coklat dan regosol coklat sebesar 0,1%.

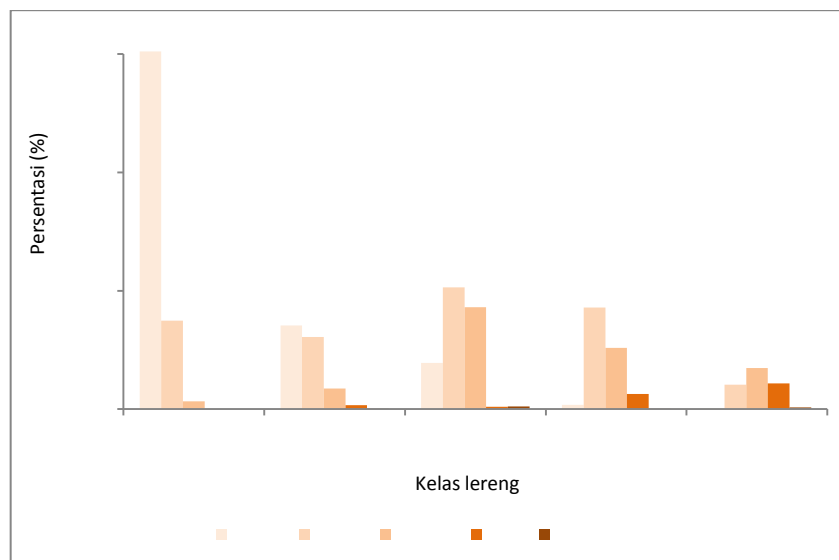
Tingkat erosi berat dan sangat berat di Sub DAS Cisokan juga terjadi pada daerah dengan topografi agak curam sampai sangat curam. Menurut Arsyad (2010), semakin curam lereng, maka akan memperbesar jumlah, kecepatan aliran permukaan yang dengan demikian memperbesar energi angkut terhadap partikel tanah yang dilaluinya. Tingkat erosi ini terjadi pada daerah dengan jenis tanah asosiasi andosol coklat dan regosol coklat, kompleks latosol merah kekuningan, latosol coklat, podsolik merah kekuningan dan litosol. Kelompok jenis tanah tersebut merupakan jenis tanah yang agak peka sampai dengan peka terhadap erosi.

Penutupan lahan juga mempengaruhi tingkat erosi, seperti hutan tanaman, tanah terbuka, pemukiman, pertanian lahan kering dan semak belukar. Hutan tanaman yang berasosiasi dengan jenis tanah asosiasi andosol coklat dan regosol coklat dan kemiringan lereng agak curam sampai sangat curam dapat mempengaruhi tingkat erosi menjadi moderat dan berat. Tanah terbuka juga mempengaruhi erosi tanah menjadi berat dan sangat berat. Menurut Arsyad (2010), pengaruh vegetasi terhadap aliran permukaan dan erosi terkait dalam intersepsi air hujan, mengurangi kecepatan aliran permukaan dan kekuatan perusak hujan dan aliran permukaan serta pengaruh akar, bahan organik sisa tumbuhan dan kegiatan biologi vegetasi yang berpengaruh terhadap struktur porositas tanah dan transpirasi air tanah. Tanah terbuka merupakan luasan lahan yang permukaannya tidak tertutup oleh vegetasi maka akan sangat mempengaruhi potensi erosi tanah menjadi berat dan sangat berat.

Tabel 27. Persentase penutupan lahan tahun 2000 menurut tingkat erosi (Model USLE)

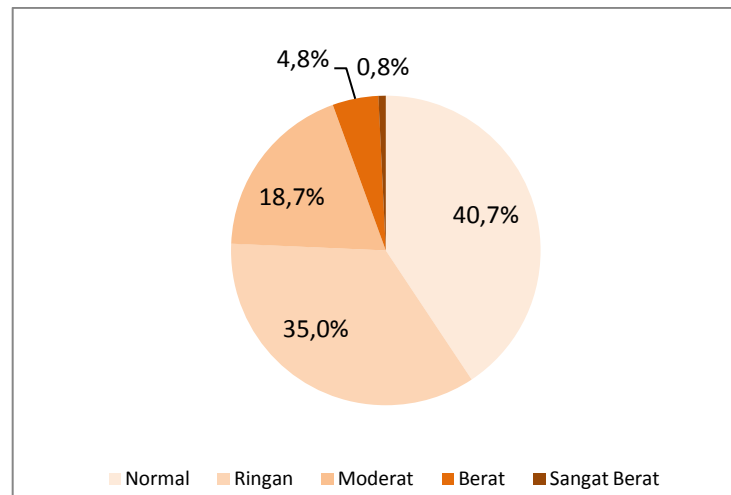
Kelas Penutupan Lahan	Tingkat Erosi				
	Normal	Ringan	Moderat	Berat	Sangat Berat
Hutan Primer	0,1	1,0			
Hutan Sekunder	3,1	14,9	9,5	1,7	
Perkebunan	5,0	2,2	0,0		
Semak/Belukar	0,2	0,2	0,3	0,1	
Pertanian Lahan Kering	1,5	5,8	6,0	1,3	0,1
Pertanian Lahan Kering Campur	1,4	5,3	3,0	0,5	
Sawah	29,7	1,6			
Pemukiman	-	3,4	0,6	0,1	0,0
Tanah Terbuka/kosong	-	0,0	0,1	0,3	0,3
Badan Air	0,5	-			

Sumber : Pengolahan Data, 2011



Gambar 5. Tingkat erosi (Model USLE) tahun 2000 menurut kelas lereng

Secara keseluruhan, tingkat erosi pada tahun 2009 menunjukkan kenaikan jika dibandingkan dengan tahun 2000. Kenaikan ini tidak terlalu besar yaitu tingkat erosi sangat berat dari 0,4% menjadi 0,8%, tingkat berat dari 4% menjadi 4,8% dan tingkat rendah meningkat dari 34,5% menjadi 35%. Di satu pihak mengalami kenaikan dan di pihak lain mengalami penurunan yaitu tingkat erosi normal menurun sebesar 0,7% dan tingkat moderat menurun sebesar 0,9% (Gambar 6).



Gambar 6. Tingkat erosi (Model USLE) Sub DAS Cisokan tahun 2009

Tingkat erosi normal sangat dominan terjadi pada penutupan lahan sawah yaitu seluas 28,2% luas Sub DAS Cisokan sedangkan penutupan lahan lain menunjukkan nilai yang relatif kecil seperti penutupan lahan perkebunan seluas 4,8%, pertanian lahan kering campur seluas 3,9% dan hutan sekunder seluas 2,8% (Tabel 28 dan Gambar 7). Tingkat erosi normal sangat dominan terjadi di daerah dengan topografi datar yaitu kelerengan 0 – 8% seluas 29,5%. Selain itu seluas 7,2% terjadi di daerah landai dengan kelerengan 8 – 15%. Tingkat erosi normal terjadi di semua jenis tanah yang terdapat di daerah penelitian kecuali kompleks mediteran coklat kemerahan dan litosol dengan nilai terbesar pada latosol coklat sebesar 9,1% dan aluvial coklat kelabu sebesar 7,5%.

Hutan sekunder dan pertanian lahan kering campur mengalami tingkat erosi ringan sebesar 13,6% dan 10,1%, selebihnya tersebar di semua jenis penutupan lahan. Tingkat erosi ringan paling luas terjadi pada daerah dengan topografi agak curam dengan kelerengan 15 – 25% yaitu sebesar 11,5% sedangkan yang terkecil adalah pada daerah sangat curam dengan tingkat kelerengan >40% yaitu hanya 1,7%. Tingkat erosi ringan terjadi paling besar pada daerah dengan jenis tanah kompleks latosol merah dan latosol coklat kemerahan sebesar 7,8% dan latosol coklat sebesar 6,4%.

Kelas erosi moderat 9% terjadi di penutupan hutan sekunder dan 6,3% di lahan pertanian kering campur dan sisanya tersebar di semua kelas penutupan

lahan kecuali hutan primer dan sawah. Tingkat erosi ini sebanyak 7,1% terjadi di daerah dengan topografi agak curam dan 5,9% di daerah curam dan yang terkecil di daerah datar sebesar 0,8%. Jenis tanah latosol coklat juga mengalami paling banyak erosi tingkat moderat yaitu sebesar 5,1%.

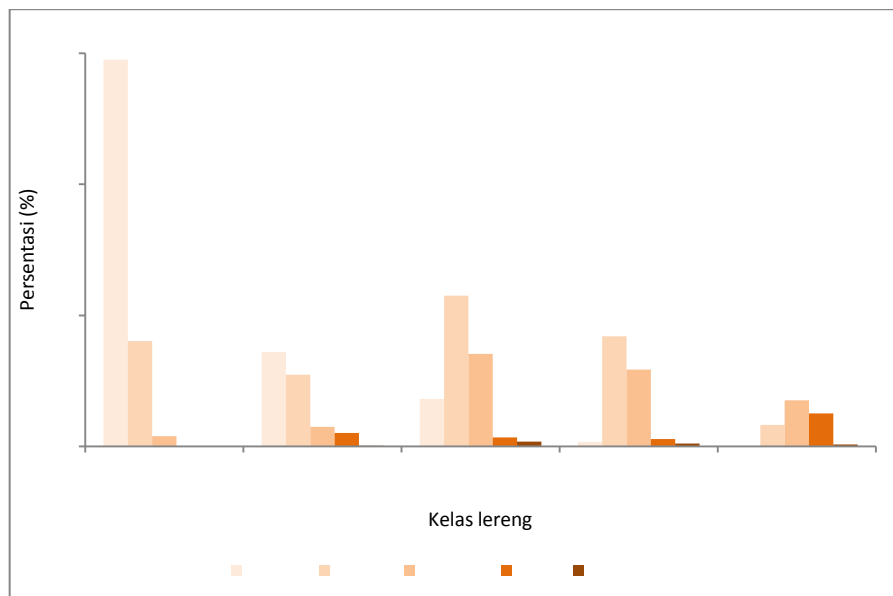
Erosi tingkat berat terjadi di hutan sekunder sebesar 2%, pemukiman sebesar 1,6% dan yang terkecil di semak belukar dan tanah kosong sebesar 0,1%. Erosi sangat berat terjadi di tanah terbuka sebesar 0,5%, pemukiman 0,2% dan pertanian lahan kering 0,1%. Kelerengan yang paling banyak mengalami tingkat erosi berat adalah >40% sebesar 2,5% dan tidak terjadi pada daerah dengan kelerengan 0 – 8%. Tingkat erosi sangat berat paling banyak terjadi di kelerengan 15 – 25% yaitu sebesar 0,4% dan tidak terjadi di kelerengan 0 – 8%. Kelas erosi berat paling banyak terjadi di daerah dengan jenis tanah asosiasi andosol coklat dan regosol coklat yaitu 2,6% sedangkan erosi sangat berat paling banyak terjadi di tanah kompleks podsolik merah kekuningan, podsolik kuning dan regosol sebesar 0,3%.

Pertambahan persentase tingkat erosi dalam kurun waktu 2000 – 2009, diakibatkan karena adanya perubahan penutupan lahan. Tingkat erosi sangat berat di tahun 2000 terjadi pada tanah terbuka seluas 0,3% dan pertanian lahan kering seluas 0,1% luas Sub DAS Cisokan. Nilai tersebut meningkat di tahun 2009 seluas 0,2% di tanah terbuka sehingga menjadi 0,5% sedangkan pertanian lahan kering tetap seluas 0,1%. Selain itu adanya perubahan penutupan lahan menjadi pemukiman menyebabkan kenaikan erosi sangat berat seluas 0,2%. Perubahan penutupan lahan tersebut berpengaruh terhadap tingkat erosi tanah karena berkaitan dengan keberadaan vegetasi penutup tanah yang secara langsung mempengaruhi energi perusak air yang berasal dari kekuatan butiran hujan maupun kekuatan aliran permukaan terhadap terlepasnya butir-butir tanah. Menurut Arsyad (2010), hujan yang jatuh pada daerah bervegetasi akan mempengaruhi erosi melalui pengurangan jumlah air yang sampai ke tanah sehingga mengurangi aliran permukaan dan pengurangan kekuatan perusak butir-butir hujan yang jatuh menimpa tanah.

Tabel 28 . Persentase penutupan lahan tahun 2009 menurut tingkat erosi (Model USLE)

Kelas Penutupan Lahan	Tingkat Erosi				
	Normal	Ringan	Moderat	Berat	Sangat Berat
Hutan Primer	0,0	0,2			
Hutan Sekunder	2,8	13,6	9,0	2,0	
Perkebunan	4,8	2,8	0,0		
Semak/Belukar	0,1	0,2	0,2	0,1	
Pertanian Lahan Kering	0,2	1,9	1,3	0,3	0,1
Pertanian Lahan Kering Campur	3,9	10,1	6,3	0,7	
Sawah	28,2	1,5			
Pemukiman	0,0	4,6	1,7	1,6	0,2
Tanah Terbuka/kosong	-	0,1	0,2	0,1	0,5
Badan Air	0,5	-			

Sumber : Pengolahan Data, 2011



Gambar 7. Tingkat erosi (Model USLE) tahun 2009 menurut kelas lereng

4.2.6. Penentuan *Caliberate Delivery Ratio* untuk Model Calsite

Penentuan model hasil sedimen membutuhkan pertimbangan jumlah tanah yang tererosi dari permukaan tanah dan kemampuan aliran permukaan serta sistem drainase untuk membawa tanah yang tererosi ke bagian hilir. Model Calsite menggunakan modifikasi USLE untuk menentukan erosi tanah dan

algoritma *sediment delivery* berdasarkan analisis fisik untuk memprediksi angkutan sedimen (Bradbury et al, 1993).

Nilai *sediment delivery* ditentukan oleh kapasitas angkutan dari faktor aliran permukaan dan aliran sungai. *Delivery ratio* digunakan berdasarkan pada faktor fisik saja yang mempengaruhi kapasitas angkutan. Dalam Model Calsite, faktor fisik yang digunakan untuk menentukan *sediment delivery ratio* adalah *flow path* (alur aliran), curah hujan dan kemiringan lereng.

Berdasarkan analisis data raster *flow path*, curah hujan dan kemiringan lereng didapatkan nilai *caliberate delivery ratio*. *Caliberate delivery ratio* diklasifikasikan ke dalam 7 kelas dengan nilai berkisar 0 – 100 (Bradbury et al, 1993) dan disajikan pada Peta 10. Dalam penelitian ini analisis yang dilakukan merupakan perpaduan antara data raster dan data vektor sehingga penentuan nilai *caliberate delivery ratio* untuk setiap kelasnya digunakan nilai tengah.

Tiga faktor fisik yang digunakan untuk penentuan nilai *caliberate delivery ratio* memiliki peran dan alasan masing-masing dalam menentukan kapasitas angkutan sedimen. *Flow path* atau alur aliran berpengaruh pada jumlah tanah yang mungkin tererosi. Lokasi suatu daerah terhadap alur aliran permukaan dan aliran sungai akan mempengaruhi jumlah tanah yang tererosi. Daerah yang merupakan alur permukaan dan alur sungai maka jumlah erosi yang terjadi di daerah tersebut makin tinggi. Seperti diketahui bahwa terdapat tiga bentuk erosi, yaitu erosi permukaan (*sheet erosion*), erosi alur (*rill erosion*) dan erosi parit (*gully erosion*) (Kartasapoetra dkk, 2005). Asosiasi suatu daerah dengan alur aliran permukaan dan alur sungai akan memperbesar kemungkinan terjadinya ketiga bentuk erosi tersebut, bahkan jika suatu daerah merupakan tempat aliran permukaan dan aliran sungai maka bentuk erosi tersebut sudah pasti terjadi.

Curah hujan merupakan salah satu faktor fisik yang digunakan untuk menentukan nilai *caliberate delivery ratio*. Hal ini berkaitan dengan banyaknya air hujan yang menghantam permukaan tanah sehingga memungkinkan partikel-partikel tanah terlepas dan terangkut. Erosi oleh air hujan disebabkan karena tenaga kinetik air yang jatuh di atas permukaan tanah (Asdak, 2004). Menurut Asdak (2004) terdapat beberapa tipe erosi permukaan, salah satunya adalah erosi

percikan, yaitu proses terkelupasnya partikel-partikel tanah bagian atas oleh tenaga kinetik air hujan bebas atau sebagian air lolos. Oleh karena itu makin besar hujan yang terjadi di suatu daerah maka kemungkinan terjadinya erosi tanah akan lebih besar.

Kemiringan lereng adalah faktor fisik suatu daerah yang juga mempengaruhi besarnya erosi tanah. Hal ini dapat dilihat salah satunya adalah dari persamaan empiris USLE dimana erosi berbanding lurus dengan faktor kemiringan lereng (S). Oleh karena itu makin besar kemiringan lereng suatu daerah maka makin besar pula erosi tanah daerah tersebut. Kemiringan lahan mempengaruhi kecepatan limpasan permukaan. Semakin curam suatu lereng maka laju limpasan permukaan akan semakin cepat dan kesempatan infiltrasi semakin kecil sehingga kemungkinan terjadinya erosi semakin besar (Rahadi dkk, 2008).

4.2.7. Penentuan Konstanta untuk Model Calsite

Penentuan konstanta pada Model Calsite membutuhkan nilai konsentrasi sedimen, debit aliran, ukuran partikel sedimen dan faktor kemiringan badan sungai pada lokasi pengukuran. Nilai tersebut diperoleh dari hasil pengukuran langsung di lapangan, pengukuran di laboratorium dan pengukuran data sekunder.

Lokasi pengambilan sampel sedimen air dan sedimen dasar berada di aliran utama Cisokan bagian hilir yang merupakan salah satu inlet Waduk Cirata yaitu pada koordinat $107^{\circ} 14,539''$ BT dan $6^{\circ}48,921''$ LS. Pengukuran sampel sedimen selalu diikuti oleh pengukuran besarnya debit sungai. Sungai Cisokan di lokasi pengukuran merupakan sungai besar, oleh karena itu pengukuran debit dilakukan di setiap bagian pada penampang melintang sungai sehingga dihasilkan debit rata-rata. Lokasi pengambilan sampel air pada penampang melintang disesuaikan dengan hitungan debit dan lebar penampang melintang sungai. Dalam penelitian ini diambil tiga buah sampel air (*suspended sediment*) dan satu sampel sedimentasi dasar (*bed sediment*).

Sesuai dengan Lampiran 3, 4 dan 5, konstanta dihitung berdasarkan nilai-nilai sebagai berikut :

1. Debit sungai sama dengan 6,889 m³/detik sama dengan 6.889 cm³/detik.
2. Konsentrasi sedimen tiga sampel air adalah 103 mg/l, 83 mg/l dan 91 mg/l sehingga diperoleh konsentrasi rata-rata adalah 92,3 mg/l.
3. Sedimentasi dasar terdiri dari 3% pasir halus dengan ukuran diameter partikel 0,42 mm, 89% pasir sedang dengan ukuran diameter partikel 2 mm dan 8% pasir kasar dengan ukuran diameter partikel 4,78 mm sehingga diperoleh ukuran diameter rata-rata partikel sebesar 2,175 mm.
4. Kelerengan badan sungai adalah 3,51%.
5. Berdasarkan nilai ukuran partikel dan asumsi aliran sungai yang laminar maka nilai konstanta $a = 1,73$ maka $(a-1) = 0,73$ dan $b = 1,76$

Dari nilai-nilai di atas maka penentuan konstanta adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 k &= X / (Q^{a-1} S^b) \\
 &= 92,3 / (6.889^{0,73} \times 3,51^{1,76}) \\
 &= 0,016
 \end{aligned}$$

4.2.8. Perhitungan Erosi Berdasarkan Model Calsite

Perhitungan erosi menggunakan Model Calsite adalah hasil perkalian perhitungan erosi Model USLE dengan *caliberate delivery ratio* dan konstanta. Dengan dua faktor pengali tersebut maka tingkat erosi di Sub DAS Cisokan pada tahun 2000 didominasi oleh tingkat erosi normal seluas 102.390,5 Ha atau 87,9% dan yang terendah adalah tingkat sangat berat seluas 80,6 Ha atau 0,7% (Tabel 29 dan Peta 11).

Tabel 29. Penutupan lahan tahun 2000 menurut tingkat erosi (Model Calsite)

Kelas Penutupan Lahan	Tingkat Erosi										Jumlah
	Normal		Ringan		Moderat		Berat		Sangat Berat		
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	
Hutan Primer	833	0,72	386	0,33		-		-		-	1.219
Hutan Sekunder	25.352	21,78	5.587	4,80	2.172	1,87	820	0,70		-	33.931
Perkebunan	8.022	6,89	379	0,33	60	0,05		-		-	8.460
Semak/Belukar	636	0,55	154	0,13	75	0,06	10	0,01		-	875
Pertanian Lahan Kering	14.797	12,71	1.798	1,55	380	0,33	124	0,11	37	0,03	17.136
Pertanian Lahan Kering Campur	10.646	9,15	827	0,71	311	0,27	122	0,10		-	11.906
Sawah	36.259	31,15	170	0,15	50	0,04		-		-	36.478
Pemukiman	4.854	4,17	14	0,01	4	0,00	3	0,00	6	0,01	4.881
Tanah Terbuka/kosong	384	0,33	281	0,24	144	0,12	57	0,05	37	0,03	904
Badan Air	607	0,52		-		-		-		-	607
Jumlah	102.390	87,97	9.596	8,24	3.196	2,75	1.136	0,98	81	0,07	116.399

Sumber : Pengolahan Data, 2011

Dari Tabel 29, diketahui bahwa tingkat erosi tahun 2000 yang paling dominan di Sub DAS Cisokan adalah pada penutupan sawah dengan tingkat erosi normal (<15 ton/ha/tahun) sebesar 31,15%. Yang kedua adalah tingkat erosi normal pada penutupan lahan hutan sekunder sebesar 21,78%. Tingkat erosi yang paling kecil terjadi di Sub DAS Cisokan adalah tingkat sangat berat. Erosi ini terjadi pada tiga jenis penutupan lahan yaitu pertanian lahan kering sebesar 0,03%, pemukiman sebesar 0,01% dan tanah terbuka/kosong sebesar 0,03%.

Pada tahun 2009, tingkat erosi meningkat, seperti peningkatan tingkat erosi sangat berat, berat dan moderat meningkat sebesar 0,03%, 0,07% dan 0,17%. Penurunan tingkat erosi normal dan ringan sebesar 0,12% dan 0,16%. Hal ini disebabkan salah satunya adalah penurunan luas hutan primer sebesar 960 Ha, hutan sekunder seluas 2.125 Ha. Lahan pertanian lahan kering campuran yang sebelumnya hanya mencapai tingkat erosi berat, pada tahun 2009 menjadi sangat berat sebesar 0,03%.

Hasil perhitungan Model Calsite menghasilkan variasi nilai erosi yang tinggi. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya kemungkinan (probabilitas) yang terjadi untuk menghasilkan nilai erosi pada kelas tingkat erosi yang sama. Untuk melihat besarnya pengaruh setiap variabel maka dilakukan penyederhanaan dengan tabel yang memperlihatkan hubungan antar variabel yang menghasilkan tingkat erosi berat atau sangat berat.

Tabel 30. Keterkaitan faktor curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah dan penutupan lahan pada tingkat erosi berat tahun 2000

Curah Hujan	Lereng	Jenis Tanah	Penutupan Lahan	Luas (Ha)	%
1.161,6	>40%	kompleks podsolik kekuningan, podsolik kuning dan regosol	Plkc	47,59	4,2
1.369,4	15 - 25%	asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	TK	1,52	0,1
		asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	Plkc	0,93	0,1
	25 - 40%	kompleks podsolik kekuningan, podsolik kuning dan regosol	SB	0,10	0,0
		kompleks podsolik kekuningan, podsolik kuning dan regosol	Plkc	0,33	0,0
	>40%	asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	HS	196,86	17,3
			Plkc	48,51	4,3
			SB	3,34	0,3
		kompleks latosol merah dan latosol coklat kemerahan	Plkc	13,30	1,2
kompleks podsolik kekuningan, podsolik kuning dan regosol	Plkc	18,57	1,6		
1.577,1	8 - 15%	latosol coklat	P	1,60	0,1
	15 - 25%	asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	TK	0,83	0,1
		latosol coklat	TK	14,89	1,3
		latosol coklat kekuningan	TK	0,07	0,0
	25 - 40%	kompleks podsolik kekuningan, podsolik kuning dan regosol	TK	0,65	0,1
			kompleks regosol kelabu dan litosol	TK	0,21
		latosol coklat	P	1,52	0,1
	>40%	asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	TK	9,90	0,9
			HS	562,50	49,5
			Plk	65,21	5,7
		kompleks latosol merah dan latosol coklat kemerahan	TK	3,62	0,3
			Plk	4,40	0,4
		kompleks latosol merah kekuningan, latosol coklat, podsolik merah kekuningan dan litosol	SB	6,85	0,6
			Plkc	0,74	0,1
latosol coklat			Plk	37,56	3,3
latosol coklat kekuningan	Plkc	4,98	0,4		
	Plk	3,64	0,3		
	TK	2,10	0,2		
1.784,9	15 - 25%	kompleks podsolik kekuningan, podsolik kuning dan regosol	TK	23,04	2,0
	>40%	asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	HS	60,20	5,3
Total				1.135,56	100,0

Sumber : Pengolahan Data, 2011

Dari Tabel 30, diketahui bahwa tingkat erosi berat masih dipengaruhi oleh semua kelas curah hujan hal ini masih memperlihatkan bahwa kelas curah hujan terendah (1.057,7- 1.265,5) masih mampu menghasilkan erosi tingkat berat. Kelas curah hujan tersebut berasosiasi dengan lereng >40% yang dapat menggambarkan bahwa pada tanah yang berlereng besar, air hujan yang turun akan lebih banyak berupa aliran permukaan, yang seterusnya air tersebut akan mengalir dengan cepat dan menghancurkan serta membawa tanah bagian atas (*top soil*) (Brandy dan Buckman, 1982 dalam Goro, 2008). Kemiringan lereng yang besar akan menimbulkan kecepatan aliran permukaan meningkat sehingga energi penghancur terhadap tanah akan lebih besar dan erosi semakin besar (Goro, 2008).

Jenis tanah yang mempengaruhi tingkat erosi berat masih relatif bervariasi yaitu tujuh dari dua belas jenis tanah yang ada di Sub DAS Cisokan. Tetapi ada yang menarik yang memperlihatkan hubungan jenis tanah tertentu dengan faktor lain yang menyebabkan tingkat erosi berat. Tingkat erosi berat masih terjadi di hutan sekunder yaitu sebesar 72,2% dari luas total tingkat erosi berat. Jumlah ini dapat dikatakan dominan, tetapi area hutan sekunder yang mengalami tingkat erosi berat selalu berasosiasi dengan jenis tanah asosiasi andosol coklat dan regosol coklat serta pada kelerengan >40%. Jenis tanah asosiasi andosol coklat dan regosol coklat menurut Pusat Penelitian Tanah Bogor memiliki nilai erodibilitas (K) yang cukup tinggi yaitu 0,271.

Nilai K yang tinggi akan mempengaruhi erosi menjadi semakin besar bahkan jika berada pada kelerengan yang curam sehingga pada akhirnya akan menghasilkan erosi yang besar. Tanah andosol memiliki tekstur tanah debu 48%, pasir halus 17%, pasir 16% dan liat 21% (Rahadi dkk, 2008). Tanah yang banyak mengandung debu memiliki erodibilitas tinggi (Kartasapoetra dkk, 2005). Debu sangat mudah dihanyutkan air, debu mudah jenuh air sehingga kapasitas infiltrasi cepat menurun dan kemantapan strukturnya sangat rendah karena daya kohesi antara partikelnya sangat lemah sehingga paling mudah tererosi (Kartasapoetra dkk, 2005). Pada kasus di atas dimana tingkat erosi berat di hutan sekunder masih mungkin terjadi karena dipengaruhi oleh tingkat kelerengan yang tinggi yaitu

>40% dan jenis tanah yang mudah tererosi yaitu asosiasi andosol coklat dan regosol coklat.

Tabel 31. Keterkaitan faktor curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah dan penutupan lahan pada tingkat erosi sangat berat tahun 2000

Curah Hujan	Lereng	Jenis Tanah	Penutupan Lahan	Luas (Ha)	%
1.369,4	>40%	asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	TK	0,12	0,1
1.577,1	15 - 25%	asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	TK	2,15	2,7
		latosol coklat kekuningan	TK	0,33	0,4
	25 - 40%	latosol coklat	TK	3,93	4,9
		asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	TK	14,25	17,7
	>40%	kompleks latosol merah dan latosol coklat kemerahan	TK	2,43	3,0
			P	6,31	7,8
		latosol coklat	Plk	37,04	45,9
			TK	7,49	9,3
latosol coklat kekuningan	TK	6,55	8,1		
1.784,9	25 - 40%	kompleks podsolik merah kekuningan, podsolik kuning dan regosol	TK	0,04	0,0
Total				80,64	100,0

Tingkat erosi sangat berat yang disajikan pada Tabel 31 menunjukkan bahwa penutupan lahan tanah terbuka/kosong memiliki proporsi tersebar dari luas daerah dengan tingkat erosi sangat berat yaitu 46,2%. Menurut data Pusat Penelitian Tanah, nilai faktor pengelolaan tanaman (C) tanah terbuka tanpa tanaman bernilai 1 dan faktor pengelolaan tanah (P) termasuk tanpa tindakan konservasi yaitu sebesar 1. Nilai C dan P untuk tanah terbuka/kosong yang besar akan menghasilkan erosi yang besar. Erosi tanah dipengaruhi oleh erosivitas hujan yang merupakan fungsi dari energi kinetik total hujan dengan intensitas hujan maksimum selama 30 menit (Wischmeier dan Smith, 1978 dalam Hardiyatmo, 2006). Semakin besar energi benturan maka semakin besar partikel tanah yang terlepas. Menurut Hardiyatmo (2006), salah satu faktor yang mempengaruhi energi benturan hujan adalah kecepatan jatuhnya tetesan hujan.

Dalam daur hidrologi, air hujan yang jatuh sebagian ada yang tertahan terlebih dahulu oleh tajuk vegetasi sebelum akhirnya mencapai permukaan tanah (Asdak, 2004). Proses tersebut secara langsung akan memperlambat kecepatan jatuhnya tetesan hujan sehingga energi benturan hujan menjadi kecil dan lepasnya partikel tanah juga kecil. Pada tanah terbuka/kosong, air hujan langsung jatuh ke permukaan tanah sehingga memperbesar lepasnya partikel tanah.

Keberadaan tanaman atau vegetasi di atas permukaan tanah akan menghasilkan pori-pori hayati (biofor) di dalam tanah yang terjadi akibat adanya aktifitas fauna tanah, akar dan kandungan bahan organik yang tinggi (Purwanto dkk, 2004). Keberadaan biofor yang banyak akan meningkatkan laju infiltrasi (masuknya air hujan ke dalam tanah) sehingga memperkecil aliran permukaan (*runoff*) dan pada akhirnya memperkecil erosi tanah. Pada tanah terbuka/kosong, keberadaan biofor menjadi sedikit sehingga hujan yang jatuh tidak secara maksimal dapat masuk ke dalam tanah sehingga memperbesar aliran permukaan dan menambah besar erosi. Erosi yang tinggi pada tanah terbuka/kosong akan meningkat akibat pengaruh faktor lain, seperti kelerengan yang besar, jenis tanah yang mudah tererosi atau erosivitas hujan yang tinggi.

Selain tanah terbuka/kosong, pertanian lahan kering juga mempengaruhi tingkat erosi sangat berat di Sub DAS Cisokan yaitu sebesar 45,9% dari total area dengan tingkat erosi sangat berat. Area ini berasosiasi dengan kelas erosivitas tertinggi kedua di daerah penelitian yaitu 1.473 – 1.681, kelerengan >40% dan jenis tanah latosol coklat. Faktor erosivitas hujan yang besar mempengaruhi kemungkinan terjadinya erosi tanah yang besar, didukung dengan letaknya pada daerah berlereng sangat curam (>40%). Terdapat empat aspek lereng yang mempengaruhi proses erosi dan deposisi tanah yaitu kemiringan, bentuk, posisi dan panjang lereng (Djaenudin, 1979; Gerrard, 1981 dalam Guwendo, 1985). Kemiringan lereng >40% akan meningkatkan kecepatan air limpasan sehingga erosi menjadi besar.

Tingkat erosi tahun 2009, terjadi paling dominan adalah tingkat erosi normal seluas 29,53% yang terjadi pada penutupan lahan sawah dan yang kedua adalah hutan sekunder dengan persentasi 19,95% (Tabel 33). Terjadi peningkatan erosi di tahun 2009 (Peta 12), yaitu luas area dengan tingkat erosi berat di Sub DAS Cisokan mengalami peningkatan sebesar 0,07% sedangkan tingkat erosi sangat berat meningkat sebesar 0,03% yaitu akibat adanya perubahan penutupan lahan khususnya pertanian lahan kering campur.

Di tahun 2009, tingkat erosi normal menyebar di semua kelas lereng dengan dominasi pada topografi datar (kelerengan 0 – 8 %) sebesar 38,32%

sedangkan tingkat erosi sangat berat hanya berada pada kelerengan di atas 15% dengan dominasi pada topografi sangat curam (kelerengan >40%) sebesar 0,1%.

Tabel 32. Penutupan lahan tahun 2009 menurut tingkat erosi (Model Calsite)

Kelas Penutupan Lahan	Tingkat Erosi										Jumlah
	Normal		Ringan		Moderat		Berat		Sangat Berat		
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	
Hutan Primer	136	0,12	124	0,11		-		-		-	259
Hutan Sekunder	23.217	19,95	5.470	4,70	2.224	1,91	895	0,77		-	31.807
Perkebunan	8.304	7,13	481	0,41	57	0,05		-		-	8.842
Semak/Belukar	509	0,44	121	0,10	72	0,06	7	0,01		-	709
Pertanian Lahan Kering	4.126	3,54	260	0,22	27	0,02	37	0,03	37	0,03	4.487
Pertanian Lahan Kering Campur	21.836	18,76	1.812	1,56	667	0,57	183	0,16	31	0,03	24.528
Sawah	34.369	29,53	160	0,14	48	0,04		-		-	34.577
Pemukiman	8.708	7,48	593	0,51	134	0,12	53	0,05	27	0,02	9.514
Tanah Terbuka/kosong	450	0,39	379	0,33	163	0,14	52	0,04	23	0,02	1.068
Badan Air	607	0,52		-		-		-		-	607
Jumlah	102.262	87,85	9.401	8,08	3.392	2,91	1.227	1,05	117	0,10	116.399

Sumber : Pengolahan Data, 2011

Sama seperti analisis tingkat erosi tahun 2000, kajian hubungan faktor-faktor penyebab erosi dengan tingkat erosi di tahun pengamatan 2009 juga disajikan dalam bentuk tabel khususnya untuk tingkat erosi berat dan sangat berat. Tabel 33 menunjukkan tingkat erosi berat masih dipengaruhi oleh semua kelas erosivitas hujan dan tingkat kelerengan 8% dan lebih.

Tabel 33. Keterkaitan faktor curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah dan penutupan lahan pada tingkat erosi berat tahun 2009

Curah Hujan	Lereng	Jenis Tanah	Penutupan Lahan	Luas (Ha)	%
1.161,6	25 - 40%	asosiasi aluvial coklat kelabu dan aluvial coklat kelabu	TK	3,36	0,3
		kompleks latosol merah dan latosol coklat kemerahan	TK	3,38	0,3
		kompleks latosol merah kekuningan, latosol coklat, podsolik merah kekuningan dan litosol	P	0,40	0,0
	>40%	kompleks latosol merah dan latosol coklat kemerahan	TK	3,56	0,3
		kompleks podsolik merah kekuningan, podsolik kuning dan regosol	P	0,83	0,1
			Plkc	44,16	3,6
1.369,4	15 - 25%	asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	TK	1,56	0,1
		asosiasi aluvial coklat kelabu dan aluvial coklat kelabu	P	0,08	0,0
		asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	Plkc	1,03	0,1
		kompleks latosol merah dan latosol coklat kemerahan	P	0,09	0,0
		kompleks latosol merah kekuningan, latosol coklat, podsolik merah kekuningan dan litosol	P	1,45	0,1
		kompleks podsolik merah kekuningan, podsolik kuning dan regosol	P	25,24	2,1
	>40%	litosol coklat	Plkc	0,33	0,0
			TK	1,80	0,1
			P	1,70	0,1
		asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	HS	196,60	16,0
			Plkc	56,30	4,6
		kompleks podsolik merah kekuningan, podsolik kuning dan regosol	Plkc	56,92	4,6
1.577,1	8 - 15%	litosol coklat	Plkc	0,06	0,0
	15 - 25%	litosol coklat	P	1,72	0,1
		asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	P	0,03	0,0
		litosol coklat	P	0,93	0,1
	25 - 40%	litosol coklat kekuningan	TK	14,89	1,2
			TK	1,35	0,1
		asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	P	1,38	0,1
		kompleks latosol merah dan latosol coklat kemerahan	P	0,10	0,0
		kompleks podsolik merah kekuningan, podsolik kuning dan regosol	P	8,97	0,7
			TK	0,65	0,1
	>40%	kompleks regosol kelabu dan litosol	TK	0,21	0,0
		litosol coklat	P	3,15	0,3
			TK	9,90	0,8
		asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	HS	638,49	52,1
			Plkc	18,43	1,5
		kompleks latosol merah kekuningan, latosol coklat, podsolik merah kekuningan dan litosol	P	0,46	0,0
			Plkc	0,11	0,0
			SB	6,85	0,6
kompleks podsolik merah kekuningan, podsolik kuning dan regosol		Plkc	0,74	0,1	
1.784,9	15 - 25%	litosol coklat	P	3,96	0,3
		Plk	37,39	3,0	
		Plkc	4,55	0,4	
25 - 40%	litosol coklat kekuningan	TK	0,75	0,1	
>40%	kompleks podsolik merah kekuningan, podsolik kuning dan regosol	TK	10,45	0,9	
	kompleks podsolik merah kekuningan, podsolik kuning dan regosol	P	2,05	0,2	
	asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	HS	60,20	4,9	
Total				1.226,60	100,0

Sumber : Pengolahan data, 2011

Yang menarik pada hubungan antar faktor ini adalah adanya daerah dengan jenis tanah asosiasi aluvial coklat kelabu dan aluvial coklat kelabu. Menurut klasifikasi tanah LPT Departemen Pertanian dalam Sismanto (2009), tanah aluvial, glei, planosol hidromorf kelabu dan lateril diklasifikasikan tidak peka terhadap erosi. Aluvial kelabu memiliki tekstur dominan lempung bercampur pasir (lempung berpasir). Asosiasi aluvial kelabu dengan coklat keabuan dengan bahan induk endapan lanau dan pasir disebut lanau berpasir (Hardiningrum dkk, 2005).

Tanah jenis asosiasi aluvial coklat kelabu dan aluvial coklat umumnya terdapat di dataran kaki kaoluvio-aluvial dan dataran aluvial sungai (Saifudin dkk, 2007). Sifat tanah tergolong dalam tanah muka tersusun dari lapisan-lapisan tanah dari proses pengendapan, tekstur tanah lempung berpasir sampai dengan lempung dan belum berstruktur, permeabilitas lambat, drainase sedang hingga jelek dan tingkat kesuburan tanah tinggi. Arsyad (2010) menyatakan bahwa sifat tanah yang mempengaruhi kepekaan tanah terhadap erosi adalah sifat-sifat tanah yang mempengaruhi infiltrasi, permeabilitas dan kapasitas menahan air serta sifat-sifat tanah yang mempengaruhi ketahanan struktur tanah terhadap dispersi dan penghancuran agregat tanah oleh tumbukan butir-butir hujan dan aliran permukaan. Pada percobaan yang dilakukan Isprianto dkk (2001) menunjukkan erosi pada plot A sebesar 1,9 ton/ha sedangkan plot B sebesar 0,3 ton/ha. Hal ini dipengaruhi oleh faktor permeabilitas tanah pada plot A lebih kecil (29,23 cm/jam) dari pada plot B (45,45 cm/jam). Makin kecil/lambatnya permeabilitas akan meningkatkan potensi erosi tanah, sama halnya dengan tanah asosiasi aluvial coklat kelabu yang memiliki permeabilitas lambat akan meningkatkan potensi erosi tanah.

Di Sub DAS Cisokan, sebagian jenis tanah aluvial juga berasosiasi dengan topografi curam (kelerengan 25 – 40%) dan jenis penutupan lahan tanah terbuka/kosong dan pemukiman sehingga akan meningkatkan kemungkinan terlepasnya partikel tanah karena tingginya energi benturan air hujan yang memukul permukaan tanah dan peningkatan kecepatan aliran permukaan air hujan yang jatuh di tanah berlereng.

Sama halnya dengan tingkat erosi pada tahun 2000, di tahun 2009 adanya area hutan sekunder yang mengalami tingkat erosi berat, bahkan proporsinya meningkat menjadi 73% dari total area dengan tingkat erosi berat. Nilai ini meningkat sebesar 0,8% dari tahun 2000 karena adanya perubahan penutupan lahan dari hutan primer menjadi hutan sekunder. Dari kasus ini, untuk meminimasi tingkat erosi tanah maka diharapkan daerah dengan kemiringan lereng lebih dari 40%, jenis tanah asosiasi andosol coklat dan regosol coklat diarahkan untuk jenis penutupan lahan hutan primer.

Pertanian lahan kering campur memiliki proporsi cukup luas dari total area dengan tingkat erosi besar, yaitu sebesar 11,8% di tahun 2000 dan meningkat 14,8%. Hal ini dapat menjadi masukan bagi arahan konservasi tanah dan pengelolaan tanaman dalam perusahaan pertanian lahan kering campur salah satunya dengan sistem agroforestri. Dalam kurun 2000-2009 terdapat pengurangan luas tanah kosong/terbuka khususnya yang mengalami tingkat erosi berat yaitu sebesar 0,8%. Hal ini baik bagi minimasi tingkat erosi.

Tabel 34. Keterkaitan faktor curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah dan penutupan lahan pada tingkat erosi sangat berat tahun 2009

Curah Hujan	Lereng	Jenis Tanah	Penutupan Lahan	Luas (Ha)	%
1.161,6	25 - 40%	asosiasi aluvial coklat kelabu dan aluvial coklat kelabuan	TB	0,22	0,2
	>40%	kompleks podsolik merah kekuningan, podsolik kuning dan regosol	P	3,54	3,0
1.369,4	>40%	asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	TB	0,12	0,1
1.577,1	15 - 25%	latosol coklat	P	0,94	0,8
	25 - 40%	latosol coklat	TB	3,93	3,3
		asosiasi andosol coklat dan regosol coklat	Plkc	30,68	26,1
	>40%	kompleks latosol merah dan latosol coklat kemerahan	P	3,48	3,0
		latosol coklat	P	18,66	15,9
			Plk	36,84	31,4
			TB	7,49	6,4
latosol coklat kekuningan	TB	11,53	9,8		
1.784,9	25 - 40%	kompleks podsolik merah kekuningan, podsolik kuning dan regosol	TB	0,04	0,0
Total				117,47	100,0

Sumber : Pengolahan data, 2011

Tingkat erosi sangat berat pada kurun waktu pengamatan mengalami peningkatan, tetapi jika dilihat dari segi penutupan lahan tanah terbuka/kosong

menunjukkan penurunan yang cukup signifikan yaitu 26,4% dari total area yang mengalami erosi sangat berat. Penutupan lahan kosong/terbuka telah berubah menjadi pemukiman dan pertanian lahan kering campur tetapi sayangnya perubahan tanah tersebut belum mampu meminimasi tingkat erosi, oleh karena itu arahan yang sesuai untuk mengurangi tingkat erosi adalah dengan sistem agroforestri.

4.2.9. Analisis Alternatif Penutupan Lahan Berdasarkan Ketinggian, Iklim dan Kemiringan Lereng dalam Rangka Pengelolaan Sub DAS Cisokan dan Keterkaitannya dengan Tingkat Erosi

4.2.9.1 Keterkaitan Alternatif Penutupan Lahan dengan Kawasan Hutan

Secara konseptual, pengelolaan DAS dipandang sebagai suatu sistem perencanaan dari (1) aktivitas pengelolaan sumber daya termasuk tata guna lahan, praktek pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya setempat, pengelolaan sumber daya luar; (2) alat implementasi pengelolaan DAS seefektif mungkin melalui masyarakat dan perseorangan; (3) pengaturan kelembagaan dan organisasi (Asdak, 2004). Dalam penelitian ini, arahan pengelolaan DAS ditekankan lebih kepada tata guna lahan sebagai salah satu sumber daya wilayah.

Menurut kriteria alternatif penutupan lahan berdasarkan ketinggian, iklim dan kemiringan lereng diperoleh arahan/alternatif penutupan lahan yang terdiri dari :

1. Kawasan konservasi dan kawasan lindung dengan luas 19.938 Ha atau 17,1% total luas Sub DAS Cisokan. Kawasan ini meliputi daerah Gunung Putri khususnya seluruh kawasan yang sudah ditetapkan oleh pemerintah sebagai bagian dari Taman Nasional Gede Pangrango dan daerah pegunungan bagian selatan yang merupakan wilayah Kabupaten Bandung Barat sampai ke arah Campakamulya yang sudah ditetapkan sebagai hutan lindung. Analisis fisik mengenai kriteria lindung meliputi sebagian wilayah yang secara hukum ditetapkan sebagai hutan produksi terbatas (HPT) yaitu sebesar 6,1% dari total luas HPT dan hutan produksi tetap (HP) sebesar 35,3% total luas HP,

bahkan meliputi daerah di luar kawasan hutan sebesar 4,1% luas wilayah bukan kawasan hutan.

2. Tanaman tahunan sistem agroforestri intercropping tanaman semusim lahan kering seluas 7.828,8 Ha atau 6,7% luas Sub DAS Cisokan. Sebagian alternatif ini meliputi daerah yang telah ditetapkan sebagai hutan produksi yaitu di jajaran perbukitan bagian barat memanjang sampai ke arah Gunung Selamanik seluas 27,3% total luas HP, 0,1% luas HPT dan sebagian lagi bukan merupakan kawasan hutan yaitu 4,2% area bukan kawasan hutan.
3. Tanaman tahunan ditanam menurut kontur seluas 8.788,7 Ha atau 7,6% luas Sub DAS Cisokan. Daerah ini berselang dengan arahan kawasan lindung dan tanaman sistem agroforestri. Persentase terbesar merupakan wilayah bukan kawasan hutan yaitu sebesar 37,8% dari total luas dengan arahan tanaman tahunan mengikuti kontur. Sisanya merupakan bagian dari kawasan hutan.
4. Tanaman semusim lahan kering intercropping dengan tanaman tahunan seluas 11.065,5 atau 9,5% luas Sub DAS Cisokan. Sekitar 30,8%nya merupakan kawasan hutan dan sisanya bukan merupakan kawasan hutan.
5. Tanaman semusim lahan kering seluas 3.972,8 Ha atau 3,4% luas Sub DAS Cisokan. 90,0% arahan ini berada pada wilayah bukan kawasan hutan. Hal ini menunjukkan kesesuaian yang cukup besar hasil analisis fisik keruangan mengenai arahan pemanfaatan lahan dengan kebijakan pemerintah tentang kawasan hutan.
6. Pertanian semusim lahan basah seluas 64.805,3 Ha atau 55,7% luas Sub DAS Cisokan. Merupakan alternatif penutupan yang mencakup daerah paling luas di Sub DAS Cisokan dibandingkan dengan alternatif lainnya. Sama halnya dengan arahan tanaman semusim lahan kering, arahan pertanian lahan basah juga sebagian besar berada di luar kawasan hutan yaitu sebesar 92,3%. Hal ini sangat mendukung keberlangsungan pengelolaan DAS dan pelestarian kawasan hutan.

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan menyatakan kawasan hutan adalah wilayah tertentu yang ditunjuk dan atau ditetapkan oleh pemerintah untuk dipertahankan keberadaannya sebagai hutan tetap. Hutan memiliki 3 fungsi utama yaitu fungsi konservasi, fungsi lindung dan fungsi produksi. Penentuan kawasan hutan dengan fungsi tertentu didasarkan pada kriteria tertentu seperti yang diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 1998 tentang Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian Alam, Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor 837/Kpts/um/11/1980 tentang Kriteria dan Tata Cara Penetapan Hutan Lindung dan Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor 683/Kpts/Um/8/1981 tentang Kriteria dan Tata Cara Penetapan Hutan Produksi.

Analisis alternatif penutupan lahan di atas menggunakan kriteria yang berbeda dengan kriteria penentuan kawasan hutan sebagaimana yang diatur dalam peraturan perundangan yang berlaku sehingga menghasilkan zonasi yang berbeda. Analisis alternatif penutupan lahan dilakukan untuk melakukan pendekatan pengelolaan lahan sebagai langkah penatagunaan lahan dalam rangka pengelolaan Sub DAS Cisokan secara menyeluruh sehingga menghasilkan arahan yang mendukung perlindungan DAS. Kesesuaian arahan kawasan konservasi dan lindung dengan kawasan hutan fungsi konservasi dan lindung secara hukum mencapai 54,1%. Angka ini menjadikan suatu gambaran bahwa kebijakan penunjukkan dan penetapan suatu area menjadi kawasan konservasi dan lindung yang dilakukan pemerintah telah mempertimbangkan faktor fisik daerah sebagai upaya yang berasaskan pada pelestarian kemampuan dan pemanfaatan sumber daya alam hayati dan ekosistemnya secara serasi dan seimbang.

Kawasan konservasi dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 1998 berupa kawasan suaka alam dan kawasan pelestarian alam, berfungsi untuk pelestarian. Pengelolaan kawasan ini bertujuan mengusahakan terwujudnya kelestarian sumber daya hayati serta keseimbangan ekosistemnya sehingga dapat lebih mendukung upaya peningkatan kesejahteraan masyarakat dan mutu kehidupan. Dengan tujuan tersebut, maka fungsi kawasan adalah sebagai wilayah perlindungan sistem penyangga kehidupan, kawasan pengawetan

keanekaragaman jenis tumbuhan dan atau satwa beserta ekosistemnya dan pemanfaatan secara lestari sumber daya alam hayati dan ekosistemnya.

Dari hasil analisis fungsi lindung dan alternatif penutupan lahan, kawasan yang termasuk dalam kawasan konservasi dan lindung sebesar 30%nya berada pada HP dan sebagian kecil HPT. Mempertimbangkan selisih yang relatif besar ini dapat dijadikan suatu landasan bahwa pemanfaatan hutan produksi tetap dan hutan produksi terbatas di Sub DAS Cisokan masih membutuhkan upaya pelestarian sumber daya hutan dan ekosistemnya.

Menurut Dinas Kehutanan (Dishut) Provinsi Jawa Barat tahun 2008, tingkat pertumbuhan penduduk berpotensi pada tekanan terhadap kawasan lindung. Permasalahan alih fungsi lahan dan hutan serta terjadinya konflik lokal tidak terlepas dari kesadaran masyarakat dan tingkat pengetahuan masyarakat tentang pemahaman kawasan lindung. Berdasarkan jumlah komposisi pelajar (SD, SMP, SMA) Kabupaten Cianjur memiliki nilai 34,09% sedangkan Kabupaten Bandung Barat 26,34%. Kabupaten Cianjur dan Bandung Barat secara keseluruhan tergantung pada kegiatan pertanian sehingga tekanan lahan pertanian terhadap hutan lindung berpotensi sangat tinggi (Dishut Jawa Barat, 2008).

Pengelolaan kawasan hutan produksi di Jawa Barat dilakukan oleh Perum Perhutani wilayah III Jawa Barat dan Banten. Pengelolaan tersebut dilakukan oleh kesatuan pemangkuan hutan (KPH) Cianjur dengan jenis vegetasi hutan dibedakan menjadi tegakan hutan alam rimba dan hutan tanaman. Tegakan hutan alam rimba terdiri dari jenis Ki tembaga, Rasamala, Puspa, Huru, Jamuju, Pasang, Kihur dan lainnya, sedangkan hutan tanaman terdiri dari Mahoni, Rasamala, Puspa, Pinus, Damar, Akasia dan Jati (Sukri, 2006). Sistem pengelolaan hutan produksi dengan menggunakan sistem silvikultur untuk mengatur hasil kayu maupun non kayu berdasarkan luas, volume dan umur tebang minimum. Dari sistem ini maka kawasan hutan produksi di daerah penelitian berupa hutan sekunder memiliki kemungkinan keberadaan semak/belukar bahwa tanah kosong akibat sistem tebang pilih untuk tujuan produksi kayu.

Pertanian lahan basah yang secara fisik sesuai pada daerah yang relatif datar dan merupakan daerah yang tidak memiliki kendala fisik dalam

pengelolaannya. Dari analisis arahan pemanfaatan lahan menunjukkan kesesuaian yang cukup tinggi dengan daerah bukan kawasan hutan yaitu sebesar 94,8% dan sisanya termasuk ke dalam fungsi kawasan HP dan HPT. Berdasarkan pengertian hutan produksi di dalam Keputusan Menteri Pertanian Nomor 683/Kpts/Um/8/1981 yaitu areal hutan yang dipertahankan sebagai kawasan hutan dan berfungsi untuk menghasilkan hasil hutan bagi kepentingan konsumsi masyarakat, industri dan ekspor.

Dari pengertian tersebut maka area hutan produksi tetap dan hutan produksi terbatas tidak sesuai dengan pengelolaan pertanian lahan basah sehingga arahan pemanfaatan lahan tetap berupa hutan produksi tetap dan hutan produksi terbatas yang memiliki kedudukan lebih penting bagi kelestarian sumber daya hayati dan sudah disahkan oleh hukum sebagai kawasan hutan. Oleh karena itu hasil analisis pemanfaatan lahan disesuaikan terhadap kawasan hutan yang sudah ditetapkan fungsinya oleh hukum sehingga arahan pemanfaatan lahan berubah menjadi (dan disingkat) :

1. Kawasan konservasi dan kawasan lindung (KL) mencakup 17,7%.
2. Hutan produksi tetap yang berfungsi lindung (HP₁) mencakup 4,9%.
3. Hutan produksi terbatas yang berfungsi lindung (HPT₁) mencakup 0,1%.
4. Hutan produksi tetap (HP) mencakup 9,0%.
5. Hutan produksi terbatas (HPT) mencakup 1,5%.
6. Tahunan sistem agroforestri intercropping tanaman semusim lahan kering (Agro & semusim) mencakup 2,9%.
7. Tanaman tahunan ditanam menurut kontur (tahunan kontur) mencakup 2,9%.
8. Tanaman semusim lahan kering intercropping dengan tanaman tahunan (semusim & tahunan) mencakup 6,6%.
9. Tanaman semusim lahan kering (semusim) mencakup 3,1%.
10. Pertanian semusim lahan basah (lahan basah) mencakup 51,4%

Penyesuaian alternatif penutupan lahan dengan keberadaan kawasan hutan menghasilkan alternatif terluas adalah pertanian semusim lahan basah seluas

51,4% Sub DAS Cisokan, kedua adalah kawasan konservasi dan kawasan lindung seluas 17,7% dan yang paling rendah adalah hutan produksi terbatas yang berfungsi lindung sebesar 0,1%. Kecilnya proporsi hutan produksi terbatas dikarenakan luas kawasan hutan produksi terbatas di Sub DAS Cisokan secara hukum hanya meliputi 1,6% total luas Sub DAS (Peta 13).

4.2.9.2. Kesesuaian Alternatif Penutupan Lahan terhadap Penutupan Lahan Sub DAS Cisokan Tahun 2009

Analisis ini akan bertujuan mengkaji kesesuaian penggunaan tahun 2009 sebagai tahun pengamatan terkini dalam penelitian ini dan mengkaitkan dengan arahan pemanfaatan lahan dan tingkat erosi sehingga dapat memberi masukan terhadap pengelolaan tanaman dan lahan sebagai pengelolaan DAS berkelanjutan. Untuk mengevaluasi kesesuaian antara penutupan lahan tahun 2009 terhadap arahan pemanfaatan lahan (Peta 14), dapat didasarkan pada Tabel 36 yang selanjutnya dihitung persentase kesesuaiannya.

Kawasan konservasi dan lindung merupakan kawasan yang sesuai dengan kriteria analisis fungsi lindung dan alternatif penutupan lahan serta didukung oleh kawasan yang secara legal merupakan kawasan konservasi dan lindung. Kawasan HP₁ merupakan kawasan yang menurut analisis alternatif penutupan lahan merupakan kawasan lindung tetapi secara hukum merupakan kawasan hutan produksi tetap. Sama dengan dengan HP₁, HPT₁ merupakan kawasan hutan produksi terbatas yang mempunyai fungsi lindung. HP dan HPK adalah kawasan hutan produksi tetap dan hutan produksi terbatas yang tidak dikategorikan ke dalam fungsi lindung. Pemanfaatan lahan berupa Agro & semusim, tahunan kontur, semusim & tahunan, semusim dan lahan basah merupakan kawasan yang sesuai dengan analisis pemanfaatan lahan yang bukan merupakan kawasan hutan.

Tabel 35. Matrik penilaian kesesuaian antara penutupan lahan tahun 2009 terhadap alternatif penutupan lahan

Penutupan Lahan	Alternatif Penutupan Lahan									
	KL	HP ₁	HPT ₁	HP	HPT	Agro & semusim	tahunan kontur	semusim & tahunan	semusim	lahan basah
Hutan Primer	S	S	S	S	S	*	S	*	*	*
Hutan Sekunder	S	S	S	S	S	S	S	*	*	*
Perkebunan	TS	TS	TS	S*	S*	S	S*	S	*	*
Semak/Belukar	TS	TS	TS	S	S	S	S	S	*	*
Pertanian Lahan Kering	TS	TS	TS	S*	S*	S*	S*	S	S	S
Pertanian Lahan Kering Campur	TS	TS	TS	S*	S*	S*	S*	S	S	S
Sawah	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	S*	S	S
Pemukiman	TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	S*	S	S
Tanah Terbuka/kosong	TS	TS	TS	S	S	TS	TS	TS	S	S
Badan Air	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Sumber : Pengolahan data, 2011 dan modifikasi dari Paturuhu, 2009

Keterangan : TS = Tidak Sesuai S = Sesuai * = tidak dinilai
S* = sesuai bersyarat diperlukan tindakan konservasi khusus

Tabel 36. Persentase kesesuaian penutupan lahan tahun 2009 terhadap alternatif penutupan lahan

Penutupan Lahan	Alternatif Penutupan Lahan									
	KL	HP ₁	HPT ₁	HP	HPT	Agro & semusim	tahunan kontur	semusim & tahunan	semusim	lahan basah
HP	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	*	*	*
HS	65,2	70,2	3,8	69,4	44,0	48,9	28,2	*	*	*
Pkbn	8,3	0,3	0,0	2,8	2,2	11,5	2,0	10,1	*	*
SB	0,5	2,8	0,0	1,0	0,0	0,2	1,0	1,3	*	*
PLK	0,6	0,0	0,0	3,9	0,0	10,3	0,0	2,2	9,6	5,2
PLKC	17,7	22,1	65,8	18,5	29,2	25,8	38,2	45,1	30,1	17,4
S	4,1	4,3	30,4	2,9	24,2	1,0	21,0	15,8	22,2	50,1
P	0,9	0,0	0,0	0,0	0,5	1,8	7,8	7,1	7,3	13,7
TK	1,4	0,3	0,0	1,5	0,0	0,4	1,8	0,4	2,7	0,7
BA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Sumber : Pengolahan data, 2011

Keterangan : HP = Hutan Primer HS = Hutan Sekunder Pkbn = Perkebunan

SB = Semak/Belukar PLK = Pertanian Lahan Kering

PLKC = Pertanian Lahan Kering Campur S = Sawah

P = Pemukiman TK = Tanah Terbuka/Kosong BA = Badan Air

* = tidak dinilai

Faktor pembagi dari perhitungan persentase adalah luas total dari setiap alternatif penutupan lahan sehingga analisis proporsi kesesuaian dilakukan untuk setiap alternatif. Hutan primer di Sub DAS Cisokan meliputi hanya sebagian kecil dari kawasan hutan yaitu seluas 262,1 Ha (Tabel 36) yang menurut analisis alternatif penutupan lahan kawasan konservasi dan lindung memiliki kesesuaian sebesar hanya 1,3%. Persentase kesesuaian tersebut menunjukkan nilai yang sangat kecil yang dapat diartikan bahwa telah terjadi perubahan tutupan hutan konservasi dan lindung menjadi penutupan hutan yang tidak alami/hutan sekunder bahkan menjadi penutupan bukan hutan.

Dalam Undang-undang (UU) 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan, pemanfaatan pada kawasan konservasi disebutkan pada Pasal 24 yaitu “Pemanfaatan kawasan hutan dapat dilakukan pada semua kawasan hutan kecuali pada hutan cagar alam serta zona inti dan zona rimba pada taman nasional” dan Pasal 25 yaitu “Pemanfaatan kawasan hutan pelestarian alam dan kawasan hutan suaka alam serta taman buru diatur sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku”. Pemanfaatan kawasan lindung disebutkan pada Pasal 26 yaitu “Pemanfaatan hutan lindung dapat berupa pemanfaatan kawasan, pemanfaatan jasa lingkungan dan pemungutan hasil hutan bukan kayu”.

Kesesuaian hutan sekunder pada alternatif kawasan konservasi dan lindung mencapai 65,2%. Hal ini sangat memungkinkan karena kawasan konservasi dan lindung di Sub DAS Cisokan merupakan kawasan yang telah banyak memperoleh akses ke luar kawasan. Gunung Putri adalah salah satu bagian dari Taman Nasional Gede Pangrango yang merupakan jalur pendakian yang cukup terkenal dan diminati. Kawasan konservasi yang berbatasan langsung dengan area perkebunan menjadikan makin terbukanya akses masuk dan keluar kawasan. Adanya perubahan penutupan lahan dari hutan sekunder menjadi pertanian lahan kering campur di sebagian kawasan lindung bagian selatan menunjukkan ketidaksesuaian penutupan lahan dengan statusnya sebagai kawasan lindung. Penutupan lahan pertanian lahan kering campur pada total area alternatif penutupan lahan kawasan konservasi dan lindung sebanyak 17,7%. Menurut Rekalkulasi Penutupan Lahan Indonesia Tahun 2008 yang dikeluarkan oleh

Kementerian Kehutanan bahwa luas penutupan lahan pertanian lahan campur di kawasan hutan lindung Provinsi Jawa Barat seluas 32.400 Ha.

Menurut peraturan, pemanfaatan kawasan hutan lindung sebagaimana dituangkan dalam Pasal 26 UU 41 tahun 1999 bahwa pemanfaatan dapat berupa pemanfaatan kawasan, pemanfaatan jasa lingkungan dan pemungutan hasil hutan bukan kayu. Pemanfaatan hutan lindung memang dapat dilakukan oleh masyarakat salah satunya adalah dengan hutan kemasyarakatan sebagaimana yang tertuang dalam Keputusan Menteri Kehutanan (Kepmenhut) Nomor 31/Kpts-II/2001 tentang Penyelenggaraan Hutan Kemasyarakatan. Menurut Kepmenhut tersebut yang dimaksud hutan kemasyarakatan adalah hutan negara dengan sistem pengelolaan hutan yang bertujuan untuk memberdayakan masyarakat setempat tanpa mengganggu fungsi pokoknya. Dalam Pasal 5 disebutkan bahwa “Kawasan hutan yang dapat ditetapkan sebagai wilayah pengelolaan hutan kemasyarakatan adalah kawasan hutan lindung dan kawasan hutan produksi yang tidak dibebani izin lain di bidang kehutanan”. Pemanfaatan hutan kemasyarakatan di hutan lindung tertuang pada Pasal 38 ayat (1) yaitu “Kegiatan pemanfaatan di hutan lindung dapat dilakukan pada blok perlindungan dan blok budidaya” dan ayat (2) yaitu “Dalam kegiatan pemanfaatan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) tidak dapat dilakukan penebangan pohon dan atau kegiatan yang menyebabkan terbukanya penutupan tajuk hutan.

Dari peraturan mengenai pemanfaatan pada kawasan hutan lindung maka perubahan penutupan lahan hutan menjadi bukan hutan seharusnya tidak terjadi. Tekanan kebutuhan akan lahan pertanian oleh masyarakat pada akhirnya dapat mengakibatkan perubahan penutupan hutan menjadi tidak berhutan seperti menjadi areal pertanian atau bahkan pemukiman dan tanah terbuka. Ketidaksiuaian penutupan lahan terhadap kawasan lindung juga disebabkan adanya daerah yang termasuk ke dalam kriteria lindung tetapi berada di luar kawasan hutan lindung sehingga memungkinkan penutupan lahan bukan hutan.

Hutan produksi adalah kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok memproduksi hasil hutan (UU 41 tahun 1999). Dalam lampiran Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 683/Kpts/Um/8/1981 tentang Kriteria dan Tata Cara

Penetapan Hutan Produksi menyatakan bahwa hutan produksi dibagi menjadi hutan produksi dengan penebangan terbatas dan hutan produksi bebas. Keduanya pada prinsipnya secara terbatas berfungsi pula sebagai hutan lindung.

Hutan produksi tetap (HP) merupakan hutan yang dapat dieksploitasi dengan perlakuan cara tebang pilih maupun dengan cara tebang habis. Hutan produksi terbatas (HPT) merupakan hutan yang hanya dapat dieksploitasi dengan cara tebang pilih. Kedua kawasan hutan ini memang diperuntukan untuk produksi hasil hutan tetapi prinsipnya keduanya masih mempunyai fungsi lindung. Oleh karena itu alternatif penutupan lahan HP dan HPT yang overlap terhadap fungsi lindung diklasifikasikan tersendiri.

Kesesuaian penutupan lahan pada hutan produksi tetap dan hutan produksi terbatas dengan fungsi lindung hanya ditunjukkan oleh penutupan hutan sekunder hutan produksi tetap yaitu sebesar 70,2% sedangkan di hutan produksi terbatas menunjukkan proporsi yang kecil yaitu hanya mencakup 3,8%. Hal ini tidak sesuai dengan apa yang diatur hukum bahwa seharusnya HP yang menunjukkan proporsi hutan yang lebih kecil dibandingkan dengan HPT karena sistem eksploitasi HP adalah lebih memungkinkan untuk tebang habis. Karena fungsinya sebagai hutan produksi maka proporsi penutupan lahan bukan hutan pada kawasan ini menunjukkan proporsi yang lebih besar dari pada penutupan bukan hutan di kawasan konservasi dan lindung.

Kesesuaian lahan pada HP dan HPT bervariasi mulai dari penutupan lahan hutan sekunder dengan proporsi 69,4% dan 44,0%, perkebunan 2,3% dan 2,2, pertanian lahan kering campur 18,5% dan 24,2%. Terdapat juga penutupan semak belukar pada HP sebesar 1% dan pertanian lahan kering 3,9%. Penutupan bukan hutan pada hutan produksi dapat dikatakan sesuai sebagaimana yang telah disajikan dalam Tabel 36. Kesesuaian ini dimungkinkan karena dalam pemanfaatan kawasan hutan produksi yang terbagi menjadi blok perlindungan dan budidaya memungkinkan adanya penebangan pohon dan penanaman atau pengkayaan tanaman.

Kesesuaian tersebut memiliki persyaratan tertentu dalam hal tindakan konservasi sehingga fungsi kawasan sebagai fungsi produksi dan lindung akan

tetap terjaga. Alternatif kegiatan dapat dilakukan dengan cara vegetasi yaitu salah satunya rehabilitasi hutan sebagai usaha untuk memulihkan, mempertahankan dan meningkatkan fungsi hutan dan lahan sehingga daya dukung, produktivitas dan perannya sebagai sistem penyangga tetap terjaga. Pengelolaan hutan kemasyarakatan di kawasan hutan produksi dapat dilakukan dalam rangka pemberdayaan masyarakat sekitar kawasan hutan sehingga dapat meningkatkan kesadaran dan partisipasi dalam menjaga hutan dan lingkungan. Pemanfaatan hutan kemasyarakatan dapat dilakukan dengan penanaman dan pengkayaan jenis tanaman penghasil hasil hutan bukan kayu.

Sistem silvikultur merupakan sistem budidaya hutan atau teknik bercocok tanam hutan yang dimulai dari pemilihan bibit, pembuatan tanaman, sampai pada pemanenan dan penebangan (Santoso, 2008). Dalam Tata Hutan dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan serta Pemanfaatan Hutan ditetapkan bahwa pemanfaatan hasil hutan kayu dalam hutan alam dan hutan tanaman pada hutan produksi dapat dilakukan dengan satu atau lebih sistem silvikultur sesuai dengan karakteristik areal kerja.

Ketidaksesuaian penutupan lahan terhadap kawasan hutan produksi adalah keberadaan sawah yang nilainya relatif besar di HPT yaitu sebesar 24,2% sedangkan di HP menunjukkan nilai yang kecil yaitu 2,4%. Pemukiman juga teridentifikasi berada di HPT sebesar 0,5%. Keberadaan lahan terbuka/kosong pada hutan produksi merupakan konsekuensi dari adanya sistem tebang dalam memperoleh hasil hutan kayu walaupun dalam produksi tersebut harus tetap dapat memperhatikan kelangsungan fungsi hutan.

Alternatif penutupan lahan agroforestri intercropping tanaman semusim lahan kering memiliki kesesuaian yang cukup tinggi dengan adanya hutan sekunder mencapai 48,9%. Sistem agroforestri dicirikan oleh keberadaan komponen pohon dan tanaman semusim dalam ruang dan waktu yang sama (Suryanto dkk, 2005). Dinamika ruang dalam sistem silvikultur dipengaruhi oleh karakteristik komponen penyusun dan sistem budidaya pohon (aspek silvikultur) dan didukung oleh kondisi fisik lahan dan pola agroforestri yang dikembangkan (Suryanto dkk, 2005).

Menurut UU 41 Tahun 1999, hutan menurut kepemilikannya dibagi menjadi dua yaitu hutan negara dan hutan hak. Hutan negara adalah hutan yang berada pada tanah yang tidak dibebani hak atas tanah sedangkan hutan hak adalah hutan yang berada pada tanah yang dibebani hak. Dalam penjelasan UU tersebut, hutan hak lazim disebut hutan rakyat. Hutan rakyat adalah hutan yang sepenuhnya adalah milik rakyat. Dalam pengertian tersebut maka hutan rakyat merupakan pendekatan yang sangat strategis dalam pengembangan sistem agroforestri. Pengembangan sistem agroforestri dapat dilakukan pada lahan-lahan pertanian dan perkebunan milik rakyat dengan penutupan lahan perkebunan, semak/belukar, pertanian lahan kering dan pertanian lahan kering campur sangat menjanjikan dilihat dari nilai kesesuaian yang cukup besar yaitu 11,5%, 0,2%, 11,3% dan 25,8%.

Alternatif tanaman tahunan ditanam menurut kontur menunjukkan nilai kesesuaian penutupan lahan yang cukup tinggi yaitu berupa hutan sekunder sebesar 28,2%, pertanian lahan kering campur 38,2% dan sebagian kecil perkebunan dan semak/belukar. Pada penutupan lahan kering campur pada alternatif ini diarahkan pada kebun campuran tanaman tahunan yang dapat berupa tanaman buah atau tanaman perkebunan. Ketidaksesuaian penutupan lahan pada alternatif penutupan lahan ini adalah lahan persawahan yang masih memiliki persentase cukup besar yaitu 21%. Persawahan pada daerah ini berupa sawah yang disusun pada teras-teras dengan mengikuti kontur.

Alternatif penutupan lahan tanaman semusim dengan intercropping tanaman tahunan menunjukkan nilai kesesuaian yang cukup tinggi karena faktor fisik lahan yang menjadi penghambat tidak sebesar pada alternatif penutupan lahan sebelumnya. Kesesuaian pertanian lahan kering campur sebesar 45,1% menunjukkan bahwa pada alternatif penutupan lahan ini pertanian lahan kering campur dapat berupa tegalan dengan vegetasi tanaman semusim lahan kering dan kebun campuran tanaman tahunan dengan tumpang sari tanaman semusim.

Alternatif penutupan lahan tanaman semusim lahan kering dan pertanian semusim lahan basah merupakan alternatif yang menunjukkan dominasi kesesuaian yang tinggi, khususnya pertanian semusim lahan basah. Hal ini

dipengaruhi oleh faktor fisik lahan yang cenderung tidak memberi faktor pembatas bagi pengembangan berbagai jenis penutupan lahan.

4.2.9.3. Keterkaitan Tingkat Erosi terhadap Alternatif Penutupan Lahan sebagai Arahan Pengelolaan Sub DAS Cisokan

Proses degradasi tanah, banyak terjadi pada daerah pegunungan atau daerah yang berbukit-bukit, dimana pada lokasi-lokasi tersebut degradasi permukaan tanah umumnya berupa erosi permukaan (*surficial erosion*) dan gerakan massa (*mass movement*) (Hardiyatmo, 2006). Degradasi tanah/lahan yang disebabkan oleh hilangnya unsur hara dan bahan organik di daerah perakaran berdampak pada penurunan produktivitas tanah (Suripin, 2002).

Proses erosi pada daerah berlereng dapat berupa erosi lembaran (*sheet erosion*) yaitu erosi akibat terlepasnya tanah dari lereng dengan tebal lapisan yang tipis (Hardiyatmo, 2006). Erosi ini dapat diamati dari warna daun pada tanaman, dimana daun-daun bagian puncak dan tengah lereng agak pucat dibandingkan daun tanaman yang ada di kaki lereng. Hal itu disebabkan oleh bahan organik dan unsur hara di bagian atas dan tengah lereng telah lebih banyak hanyut atau hilang dibandingkan dengan kaki lereng yang masih utuh (Hardiyatmo, 2006).

Dengan didukung dengan konsep di atas maka penggunaan metode perhitungan erosi Model Calsite yang mengidentifikasi lokasi yang merupakan bagian atas dan bawah alur aliran air (*high and low flow path*), faktor curah hujan dan kemiringan lereng menjadi nilai lebih dalam analisis erosi di Sub DAS Cisokan. Dari hasil perhitungan erosi dan analisis alternatif penutupan lahan maka selanjutnya akan dibahas keterkaitan keduanya sebagai upaya arahan pengelolaan Sub DAS Cisokan yang berkelanjutan.

Tabel 37. Persentase tingkat erosi menurut alternatif penutupan lahan

Tingkat Erosi	Alternatif Penutupan Lahan									
	KL	HP ₁	HPT ₁	HP	HPT	Agro & semusim	tahunan kontur	semusim & tahunan	semusim	lahan basah
Normal	12,7	3,5	0,1	8,7	1,6	2,6	2,8	6,5	3,1	58,4
Ringan	48,0	14,8	0,3	12,3	1,4	6,4	3,7	8,5	3,8	0,8
Moderat	55,6	20,4	0,0	10,0	0,8	3,5	2,5	5,1	1,6	0,4
Berat	87,4	0,7	-	1,9	1,4	0,1	3,1	4,7	0,5	0,2
Sangat Berat	72,5	0,9	-	11,6	-	0,9	7,4	6,2	0,5	-

Sumber : Pengolahan Data, 2011

Dari Tabel 37, diketahui bahwa tingkat erosi normal dominan terjadi pada kawasan alternatif pertanian lahan semusim lahan basah. Sifat area yang cocok untuk pertanian lahan kering adalah yang memiliki topografi datar mempengaruhi potensi erosi menjadi kecil. Disamping itu sifat persawahan yang mampu menekan laju erosi dan berfungsi sebagai penjerap sedimentasi menjadi faktor yang sangat penting. Dari penelitian Kundarto (2000) dalam Agus F. dkk (2004) tentang jumlah sedimen yang masuk dan keluar dari 18 petak selama dua musim tanam memperlihatkan bahwa jumlah total sedimen pada musim pertama yang memasuki sistem sawah dari saluran irigasi sebesar 3,4 mg/ha sedangkan yang keluar dari sawah selama pengolahan tanah 0,7 mg/ha, jumlah sedimen yang keluar dari sawah ke sungai 1,4 mg/ha dan jumlah yang terdeposisi di sawah 2 mg/ha. Pada musim tanam ke dua juga menunjukkan jumlah total sedimen yang keluar dari sawah lebih kecil dari yang masuk.

Tingkat erosi ringan sampai sangat berat didominasi pada kawasan dengan alternatif penutupan lahan konservasi dan lindung. Hal ini disebabkan karena faktor fisik wilayah yang berupa curah hujan, ketinggian, kemiringan lereng dan jenis tanah yang lebih berpotensi terjadinya erosi, ditambah lagi dengan penutupan lahan yang tidak sesuai.

Untuk melihat keterkaitan tingkat erosi dan kesesuaian penutupan lahan dengan alternatif penutupan lahan dapat dilakukan dengan pembuatan tabel. Dengan cara tersebut, maka akan memudahkan dalam penentuan saran pengelolaan lahan secara teknis sebagaimana disajikan dalam Tabel 38.

Tabel 38. Persentase alternatif penutupan lahan dengan penutupan lahan aktual yang mengalami erosi moderat, berat dan sangat berat di Sub DAS Cisokan

Tingkat Erosi	Penutupan Lahan	Alternatif Penutupan Lahan (%)										
		KL	HP ₁	HPT ₁	HP	HPT	Agro & semusim	tahunan kontur	semusim & tahunan	semusim	lahan basah	
Moderat	HK	0,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HS	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pkbn	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Plkc	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HL	1,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HS	0,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Plkc	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	SB	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TK	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Non HK/HL	0,32	0,60	0,00	0,29	0,02	0,10	0,07	0,15	0,05	0,01	
	HS	0,17	0,35	0,00	0,17	0,00	0,06	0,03	0,00	-	0,00	
	P	0,03	-	-	-	-	0,01	0,02	0,04	0,01	0,01	
	Pkbn	0,02	0,01	-	0,01	-	0,00	0,00	0,00	0,01	-	
	Plk	0,01	-	-	0,00	-	0,00	-	0,00	0,01	0,00	
	Plkc	0,05	0,19	-	0,08	0,02	0,02	0,01	0,10	0,00	0,00	
	S	0,04	0,00	-	0,00	-	-	0,00	-	-	-	
SB	0,00	0,04	-	0,01	-	0,00	0,00	-	-	-		
TK	0,00	0,01	-	0,03	-	0,00	0,01	0,00	0,01	-		
Berat	HK	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	HS	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	TK	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	HL	0,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	HS	0,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Plkc	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	TK	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Non HK/HL	0,05	0,01	-	0,02	0,01	0,00	0,03	0,05	0,01	0,00	
	P	0,01	-	-	-	-	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	
	Plk	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Plkc	0,01	0,01	-	0,00	0,01	0,00	-	0,03	-	-	
	SB	-	0,00	-	0,01	-	-	-	-	-	-	
	TK	0,00	0,00	-	0,01	-	-	0,01	0,01	0,00	-	
Sangat Berat	HL	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Plkc	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	TK	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Non HK/HL	0,05	0,00	-	0,01	-	0,00	0,01	0,01	0,00	-	
	P	0,01	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	
	Plk	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Keterangan : HK = Hutan Konservasi HL = Hutan Lindung

Nilai persentase pada Tabel 38, merupakan perbandingan antara luas area yang mengalami erosi dibagi dengan luas total Sub DAS Cisokan. Hutan sekunder pada hutan konservasi dan lindung menunjukkan tingkat erosi moderat seluas 0,25% dan 0,87% sedangkan erosi berat seluas 0,06% dan 0,71%. Hutan sekunder berada di dalam kawasan konservasi dan lindung dan di luar kawasan hutan tetapi memiliki kriteria sebagai daerah konservasi dan lindung. Melihat fenomena ini, maka hutan sekunder yang memiliki nilai *caliberate delivery ratio* tinggi serta

berasosiasi dengan jenis tanah asosiasi andosol coklat dan regosol coklat serta lereng curam perlu dilakukan upaya pengelolaan lahan dalam rangka menurunkan tingkat erosi.

Upaya pengelolaan lahan pada lahan tersebut dapat dilakukan dengan cara reboisasi dan penghijauan hutan yaitu dengan penanaman dan pengkayaan jenis tanaman kayu dan bukan kayu. Hal ini juga dapat dilakukan pada penutupan lahan selain hutan sekunder yang mengalami tingkat erosi moderat sampai sangat berat yang berada pada kawasan hutan konservasi dan lindung atau bahkan di luar kawasan hutan. Upaya ini bertujuan untuk mencapai penutupan lahan hutan yang memiliki tingkat kerapatan vegetasi mendekati hutan primer. Reboisasi dan penghijauan pada kawasan hutan lebih mudah dilakukan oleh instansi terkait dibandingkan bukan kawasan hutan. Hal tersebut terkait dengan status lahan secara hukum yang merupakan kawasan hutan sehingga kepentingan reboisasi dan penghijauan sejalan dengan pembangunan sektor kehutanan.

Menurut data yang didapatkan dari Kementerian Kehutanan dan Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Barat, kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan (RHL) dilakukan pada lahan kritis di dalam maupun di luar kawasan hutan. Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan dan Lahan (GNRHL) yang dilakukan oleh Pemerintahan Daerah Provinsi Jawa Barat dinamakan Gerakan Rehabilitasi Lahan Kritis (GRLK). Gerakan rehabilitasi yang dilakukan oleh Kementerian Kehutanan dan Dinas Kehutanan merupakan kegiatan yang tidak tumpang tindih baik dari segi anggaran sampai dengan lokasi rehabilitasi.

GRLK yang dilakukan Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Barat sampai tahun 2010 tidak ada yang berlokasi di Sub DAS Cisokan. GNRHL yang dilakukan oleh Kementerian Kehutanan yang berlokasi di Sub DAS Cisokan berjumlah 23 lokasi di tahun 2003 dan 19 lokasi di tahun 2006 yang dilakukan dalam bentuk kegiatan hutan rakyat dan pengkayaan (Peta 15). Selain gerakan rehabilitasi, di tahun 2010 terdapat 10 lokasi hutan kemitraan dalam rangka pemberdayaan masyarakat dalam pembangunan kehutanan tetapi tidak satupun lokasinya berada di Sub DAS Cisokan. Gerakan rehabilitasi dan hutan kemitraan secara tidak langsung merupakan suatu upaya dalam pengembangan sektor

kehutanan yang akan membantu dalam upaya mengurangi tingkat degradasi lahan dan erosi tanah. Berdasarkan analisis tingkat erosi dan kesesuaian penutupan lahan maka usulan reboisasi dan penghijauan ditekankan pada area yang mengalami tingkat erosi mulai dari moderat sampai sangat berat yang merupakan kawasan hutan atau bukan kawasan hutan yang memiliki fungsi fisik lahan sebagai kawasan konservasi dan lindung berdasarkan aspek iklim, ketinggian, dan kemiringan lereng.

Menurut Indriyanto (2008), pemilihan jenis pohon untuk reboisasi dan penghijauan bukan masalah sederhana, banyak faktor yang perlu dipertimbangkan, misalnya faktor ekologis jenis pohon (iklim, tanah dan ketinggian tempat), ekonomi, sosial, serta faktor waktu untuk mencapai hasil yang diinginkan. Untuk itu Indriyanto (2008) menyatakan bahwa jenis pohon asli yang telah tumbuh subur di suatu daerah merupakan pilihan yang paling aman.

Menurut Kadri, dkk (1992) dalam Indriyanto (2008), jenis-jenis pohon yang dapat ditanam dalam kegiatan reboisasi dan penghijauan lahan kritis hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut :

1. Mampu tumbuh di tempat terbuka di bawah penyinaran matahari penuh yaitu jenis pohon intoleran dan bersifat pionir yang tidak memerlukan banyak syarat tumbuh bahkan mempunyai kemampuan memperbaiki kondisi tanah.
2. Mampu bersaing dengan alang-alang dan jenis gulma lain. Jenis pohon mempunyai sifat pertumbuhan cepat sehingga dapat menutup tanah dan mengurangi bahaya erosi.
3. Mudah bertunas atau bersemi kembali apabila dipangkas atau terbakar.
4. Mampu tumbuh dalam keadaan tanah kurus (miskin hara) serta tahan kekeringan.
5. Biji atau bagian vegetatif sebagai bahan pembiakan mudah diperoleh.
6. Khusus untuk penghijauan, jenis pohon yang dipilih harus disenangi masyarakat sehingga masyarakat secara aktif menanam dan memeliharanya.

Menurut Arsyad (2010), tanaman penutup tanah mempunyai peran yaitu :

1. Menahan atau mengurangi daya perusak butir-butir hujan yang jatuh dan aliran air di atas permukaan tanah.

2. Manambah bahan organik tanah melalui batang, ranting dan daun mati yang jatuh.
3. Melakukan transpirasi yang mengurangi kandungan air tanah.

Berdasarkan kriteria di atas maka jenis pohon yang dapat dipilih untuk tujuan reboisasi antara lain Jati (*Tectona grandis*), Mahoni Daun Besar (*Swietenia macrophylla*), Mahoni Daun Kecil (*Swietenia mahagoni*), Sengon (*Paraserianthes falcataria*), Akasia (*Acacia auriculiformis*), Sonokeling (*Dalbergia latifolia*), Lamtoro (*leucaena leucocephala*) (Indriyanto, 2008). Jenis pohon untuk tujuan penghijauan antara lain Turi Bunga Merah (*Sesbania grandiflora*), Turi Bunga Putih (*Sesbania bispinosa*), Gamal (*Gliricidia maculata*), Rosidi (*Gliricidia sepium*), Jambu Mete (*Anacardium occidentale*), Kapuk (*Ceiba pentandra*), Karet (*Hevea brasiliensis*), Petai (*Parkia speciosa*), Nangka (*Artocarpus integrus*), Sukun (*Artocarpus communis*), Durian (*Durio zibethinus*), Rambutan (*Nephelium lappaceum*), Melinjo (*Gnetum gnemon*), Asam Jawa (*Tamarindus indica*) (Indriyanto, 2008).

Dalam upaya mengurangi tingkat erosi, peranan tanaman penutup tanah sangatlah penting. Menurut Osche, et al. (1961) dalam Arsyad (2010), tanaman penutup tanah digolongkan ke dalam :

1. Tanaman penutup tanah rendah, yaitu jenis rumput-rumputan dan tumbuhan merambat atau menjalar.
2. Tanaman penutup tanah sedang yaitu berupa semak.
3. Tanaman penutup tanah tinggi yaitu jenis pohon-pohonan.
4. Tumbuhan rendah alami.
5. Rumput pengganggu.

Jenis pohon yang digunakan untuk kegiatan reboisasi dan penghijauan seperti yang telah disebutkan di atas masuk ke dalam kelompok tanaman penutup tanah tinggi. Kegiatan pengkayaan juga dapat dilakukan untuk jenis tanaman bukan kayu yang merupakan tanaman penutup tanah rendah dan sedang. Menurut Arsyad (2010), jenis tanaman bukan kayu yang dapat membantu mengurangi erosi tanah antara lain *Calopogonium muconoides* adalah rumput leguminosae yang menjalar dan toleran pada tanah miskin dan naungan sedang, *Peuraria*

phaseoloides yaitu leguminosae dengan batang melilit dan merambat dengan panjang sulur sekitar 1 – 3 meter, *Salvia accidentalis*, *Ageratum mexicanum*, *Centrosema pubescens* dan *Centrosema plumieri*. Jenis perdu antara lain Kaliandra Merah (*Calliandra calothyrsus*), Gamal (*Gliricidae maculata*), Petai Cina (*Leucaena glauca*) dan Daun Ungu (*Graphotophyllum pictum*).

Penghijauan juga dapat dilakukan pada lahan bukan kawasan hutan yang mengalami tingkat erosi moderat sampai sangat berat. Penghijauan pada tanah kosong, pemukiman, pertanian lahan kering dan campur dapat dilakukan dengan cara vegetasi yaitu menambah kerapatan tutupan vegetasi sehingga akan mengurangi tenaga kinetik air hujan, dan aliran permukaan.

Pada kawasan hutan sistem penanaman dapat dilakukan dengan cara pertanaman jenis tanaman tepi dan sela yaitu jenis perdu atau pohon yang ditanam dipinggir atau di antara larikan tanaman pokok yang bertujuan sebagai sekat bakar, penahan erosi, menambah unsur hara dalam tanah dan sebagai penghasil kayu bakar (Indriyanto, 2008). Jenis tanamannya antara lain Lamtorogung (*Leucaena leucocephala*), Secang (*Caesalpinia bonducella*), Trengguli (*Cassia javanica*), Bungur (*Lagerstroemia speciosa*), Sonokeling (*Dalbergia latifolia*), Kaliandra Bunga Merah (*Calliandra calothyrsus*), Gamal (*G. maculata*), Johar (*Cassia siamea*) dan Turi Bunga Merah (*Sesbania grandiflora*).

Wanatani (agroforestri) merupakan kegiatan bertani yang melibatkan dua atau lebih jenis tanaman atau melibatkan tanaman dan hewan, dan paling tidak satu di antara jenis tanaman tersebut adalah tanaman berkayu (Indriyanto, 2008). Agroforestri menurut De Foresta dan Micon (1997) dalam Rianse dan Abdi (2010), agroforestri dikelompokkan menjadi dua sistem yaitu agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks. Agroforestri sederhana adalah menanam pepohonan secara tumpang sari dengan satu atau beberapa jenis tanaman semusim. Agroforestri kompleks merupakan suatu sistem pertanian menetap yang berisi banyak jenis tanaman (berbasis pohon) yang ditanam dan dirawat dengan pola tanam dan ekosistem menyerupai hutan. Fase pembentukannya adalah kebun, kebun campuran dan talun. Pada sistem tumpang sari, dilakukan lahan yang tidak terlalu miring (kurang dari 8%) (Indriyanto, 2008).

Sistem agroforestri, jenis pohon yang dapat dipilih adalah jenis tanaman yang bernilai tinggi dan merupakan tanaman berkayu yaitu Kelapa, Karet, Sengon dan Jati, yang dipadukan dengan tanaman semusim yaitu tanaman pangan antara lain Padi, Jagung, Kedelai, kacang-kacangan, Ubi Kayu, sayur-mayur dan rerumputan. Pilihan jenis pohon juga dapat merupakan pohon lokal yang sudah tumbuh subur di Sub DAS Cisokan seperti padi, sayuran dataran tinggi, tanaman hias, Jambu Biji, Pisang, Teh, Karet, Kakao, Karet dan lainnya. Sistem pertanian ini dapat diterapkan pada lahan-lahan pertanian masyarakat khususnya yang memiliki kemiringan lereng yang curam dan menggunakan sistem pertanaman lorong (Indriyanto, 2008). Hal ini bertujuan untuk mengurangi potensi erosi tanah.

Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Rajati dkk (2006) yang mengkaji alternatif jenis tanaman agroforestri dan kaitannya dengan besarnya erosi. Dihasilkan bahwa sistem perakaran kombinasi tanaman pinus-vanili-cabai rawit dan pinus-kopi-vanili memberikan keuntungan melalui peningkatan efisiensi serapan hara melalui sebaran akar dan kedalaman akar.

Pada persawahan di lereng lebih dari 10%, pengurangan erosi dapat dilakukan dengan pembuatan teras bangku dan sistem pertanaman lorong dimana barisan tanaman perdu ditanam rapat (jarak 10-25 cm) menurut garis kontur sebagai tanaman pagar dan tanaman semusim ditanam pada lorong di antara tanaman pagar (Departemen Pertanian, 2007). Secara keruangan usulan pengelolaan lahan untuk mengurangi tingkat erosi tanah disajikan pada Peta 16.

Selain upaya vegetasi, untuk mengurangi potensi erosi juga dapat diperkecil dengan pola kebun campuran didukung oleh upaya konservasi tanah seperti rorak dan guludan khususnya pada lahan perkebunan, seperti yang dikemukakan oleh Sihite (2005) bahwa erosi bisa diperkecil jika usaha tani kopi dilakukan dengan pola kebun campuran dan menggunakan upaya konservasi tanah seperti rorak dan guludan yang akan mendukung fungsi lindung. Pada kemiringan 10 – 40%, pengurangan tingkat erosi dapat dilakukan dengan pembuatan teras gulud sedangkan jika sampai 60% menggunakan teras bangku (Departemen Pertanian, 2007).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Menurut perhitungan erosi Model Calsite pada Sub DAS Cisokan dalam kurun waktu 2000-2009 menunjukkan tingkat erosi normal menurun dari 87,97% menjadi 87,74%, tingkat ringan menurun dari 8,24% menjadi 8,05%, tingkat moderat meningkat dari 2,75% menjadi 2,91% , tingkat berat meningkat dari 0,98% menjadi 1,05% dan sangat berat meningkat dari 0,07% menjadi 0,1%.. Hal ini disebabkan adanya perubahan penutupan lahan yang menyebabkan meningkatnya bahaya erosi.

Dalam rangka pengelolaan dan perlindungan Sub DAS Cisokan, arahan pengelolaan DAS dilakukan dengan pendekatan kriteria alternatif penutupan lahan berdasarkan faktor ketinggian, iklim, kemiringan lereng serta memperhatikan status kawasan hutan. Terdapat sepuluh alternatif penutupan lahan yaitu kawasan konservasi dan lindung (17,7%), hutan produksi tetap yang berfungsi lindung (4,9%), hutan produksi terbatas yang berfungsi lindung (0,1%), hutan produksi tetap (9%), hutan produksi terbatas (1,5%), tanaman tahunan sistem agroforestri intercropping tanaman semusim lahan kering (2,9%), tanaman tahunan ditanam menurut kontur (2,9%), tanaman semusim lahan kering intercropping tanaman tahunan (6,6%), tanaman semusim lahan kering (3,1%) dan pertanian semusim lahan basah (51,5%).

5.2. Saran

5.2.1 Saran Akademis

Model erosi Calsite merupakan model yang memadukan antara model empiris USLE, suatu konstanta yang diperoleh dari hasil pengukuran sedimentasi pada outlet sungai serta nilai kaliberasi rasio dari hasil analisis data raster. Pada penelitian ini, output yang dihasilkan lebih kepada klasifikasi tingkat erosi hasil

Model Calsite yang digunakan sebagai masukan untuk alternatif pengelolaan lahan suatu sub DAS atau DAS.

Perhitungan erosi akan lebih baik jika tidak hanya berada pada perhitungan secara empiris saja tetapi didukung oleh analisis fisik menggunakan model raster dan pengukuran erosi tanah langsung di lapangan. Pengukuran lapangan sebaiknya dilakukan mewakili kelas kemiringan lereng, jenis penutupan lahan dan jika dikaitkan dengan model erosi Calsite maka dapat dilakukan mewakili nilai *caliberate delivery ratio* yang ada. Pada akhirnya model erosi yang dihasilkan akan berada pada tingkat aktual sesuai keadaan sesungguhnya di lapangan. Untuk itu penelitian erosi tanah aktual akan memberikan kontribusi yang lebih mendalam untuk digunakan sebagai bahan masukan pengelolaan suatu sub DAS atau DAS.

5.2.2 Saran Praktis

Alternatif penutupan lahan sebagai salah satu arahan pengelolaan harus tetap memperhatikan kondisi sesungguhnya di Sub DAS Cisokan sehingga pengelolaan lahan yang diterapkan senantiasa dapat memperkecil tingkat erosi dan mencegah degradasi lahan. Berdasarkan kajian keruangan perhitungan tingkat erosi, alternatif arahan penutupan lahan dan penutupan eksisting di tahun 2009 maka terdapat beberapa saran tentang pengelolaan dan pemanfaatan lahan yaitu sebagai berikut :

1. Pengusahaan lahan pada Sub DAS Cisokan diupayakan dapat sesuai dengan sepuluh alternatif penutupan lahan karena telah mengakomodir kondisi fisik wilayah yaitu ketinggian, kemiringan lereng, dan iklim.
2. Upaya minimasi erosi pada kawasan hutan terutama pada lokasi dengan tingkat erosi berat dapat berupa reboisasi, rehabilitasi hutan dengan pengkayaan jenis tanaman kayu dan bukan kayu. Penyelenggaraan hutan kemitraan dan hutan rakyat merupakan sarana menjaga sumber daya lahan khususnya kawasan hutan dengan melibatkan masyarakat untuk kemakmuran rakyat.

3. Jenis tanaman untuk tujuan reboisasi antara lain Jati (*Tectona grandis*), Mahoni Daun Besar (*Swietenia macrophylla*), Mahoni Daun Kecil (*Swietenia mahagoni*), Sengon (*Paraserianthes falcataria*), Akasia (*Acacia auriculiformis*), Sonokeling (*Dalbergia latifolia*), Lamtoro (*Leucaena leucocephala*).
4. Jenis pohon untuk tujuan penghijauan antara lain Turi Bunga Merah (*Sesbania grandiflora*), Turi Bunga Putih (*Sesbania bispinosa*), Gamal (*Gliricidia maculata*), Rosidi (*Gliricidia sepium*), Jambu Mete (*Anacardium occidentale*), Kapuk (*Ceiba pentandra*), Karet (*Hevea brasiliensis*), Petai (*Parkia speciosa*), Nangka (*Artocarpus integra*), Sukun (*Artocarpus communis*), Durian (*Durio zibethinus*), Rambutan (*Nephelium lappaceum*), Melinjo (*Gnetum gnemon*), Asam Jawa (*Tamarindus indica*).
5. Penghijauan jenis tanaman bukan kayu yaitu jenis rumput-rumputan dan perdu juga dapat dilakukan pada lahan yang mengalami tingkat erosi yang berat. Jenis tanaman bukan kayu antara lain *Calopogonium muconoides* adalah rumput leguminosae yang menjalar dan toleran pada tanah miskin dan naungan sedang, *Peuraria phaseoloides* yaitu leguminosae dengan batang melilit dan merambat dengan panjang sulur sekitar 1 – 3 meter, *Salvia accidentalis*, *Ageratum mexicanum*, *Centrosema pubescens* dan *Centrosema plumieri*. Jenis perdu antara lain kaliandra merah (*Calliandra calothyrsus*), gamal (*Gliricidae maculata*), petai cina (*Leucaena glauca*) dan daun ungu (*Graphotophyllum pictum*).
6. Pada kawasan hutan, penghijauan dapat dilakukan dengan pertanaman tepi dan sela yang bertujuan sebagai sekat bakar, penahan erosi, menambah unsur hara dalam tanah dan sebagai penghasil kayu bakar. Jenis tanamannya antara lain Lamtorogung (*Leucaena leucocephala*), Secang (*Caesalpinia bonducella*), Trengguli (*Cassia javanica*), Bungur (*Lagerstroemia speciosa*), Sonokeling (*Dalbergia latifolia*), Kaliandra Bunga Merah (*Calliandra calothyrsus*), Gamal (*G. maculata*), Johar (*Cassia siamea*) dan Turi Bunga Merah (*Sesbania grandiflora*).

7. Pola kebun campuran dan agroforestri merupakan pola pengelolaan tanaman yang dapat diterapkan untuk mengurangi tingkat erosi tanah khususnya pada tanah pertanian milik rakyat.
8. Penerapan sistem agroforestri pada topografi datar dapat berupa sistem tumpang sari sedangkan pada topografi datar sampai curam dapat berupa pertanaman lorong dan pola kebun campuran. Jenis tanaman yang digunakan dalam pertanaman lorong antara lain Lamtorogung (*Leucaena leucocephala*), Gamal (*G. maculata*), Johar (*Cassia siamea*), Turi Bunga Merah (*Sesbania grandiflora*) dan Dadap (*Erythrina spp*) (Nair, 1993 dalam Indrianto, 2008).
9. Untuk tujuan reboisasi dan penghijauan, jenis tanaman yang dipilih haruslah mampu bersaing dengan alang-alang. Hal ini berkaitan dengan sifat alelopati tanaman tersebut yang berfungsi sebagai naungan seperti petaian dan gamal (Purnomosidhi dan S. Rahayu, 2002). Tetapi untuk tujuan agroforestri, maka sifat alelopati tersebut dapat dikaitkan dengan jarak tanam. Beberapa jenis tanaman antara lain Sengon dengan jarak 2 x 2 atau 2 x 2,5 atau 2 x 4 m², Akasia 2 x 4 m², Karet 3,3 x 6 atau 4 x 5 m², Lada dan Kopi 2 x 2 m² (Purnomosidhi dan S. Rahayu, 2002).
10. Pada persawahan di lereng lebih dari 10%, pengurangan erosi dapat dilakukan dengan pembuatan teras bangku dan sistem pertanaman lorong dimana barisan tanaman perdu ditanam rapat (jarak 10-25 cm) menurut garis kontur sebagai tanaman pagar dan tanaman semusim ditanam pada lorong di antara tanaman pagar.
11. Selain upaya vegetasi, untuk mengurangi potensi erosi juga dapat diperkecil dengan pola kebun campuran didukung oleh upaya konservasi tanah seperti rorak dan guludan. Pada kemiringan 10 – 40%, pengurangan tingkat erosi dapat dilakukan dengan pembuatan teras gulud sedangkan jika sampai 60% menggunakan teras bangku.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus F., M.V. Noordwijk, S. Rahayu. 2004. *Dampak Hidrologis Hutan, Agroforestri dan Pertanian Lahan Kering sebagai Dasar Pemberian Imbalan kepada Penghasil Jasa Lingkungan di Indonesia*. Prosiding Lokakarya di Padang/Singkarak, Sumatera Barat, Indonesia. ICRAF-SEA. Bogor
- Arsyad, Sitanala. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Edisi kedua. Cetakan Kedua. IPB Press. Bogor. xxiv + 472 halaman
- Arsyad, Sitanala dan E. Rustiadi. 2008. *Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan*. Crestpent Press dan Yayasan Obor Indonesia. Jakarta. xviii + 288 Halaman
- Asdak, Chay. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Cetakan Ketiga. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. xiv + 614 Halaman
- Bisri, Mohammad. 2009. *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Cetakan Pertama. CV. Asrori Malang. Malang. xvi + 220 Halaman
- Bradbury, P.A., N.J. Lea, P.Bulton. 1993. *Estimating Catchment Sediment Yield: Development of GIS-Based Calsite Model*. HR Wallingford. England
- Cahyono, S. Andy. 2002. *Konservasi Tanah dalam Konteks Kebijakan*. Jurnal Info DAS. Nomor 13. Halaman 14 – 26
- Darajati, Wahyuningsih. 2001. *Pengelolaan Daerah (Peng) Aliran Sungai dalam Rencana Pembangunan Nasional*. Prosiding Seminar Sistem Pengelolaan Daerah Pengaliran Sungai. Jakarta. Halaman 49 - 56
- Departemen Pertanian. 2007. *Petunjuk Teknis Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Jakarta
- Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Barat. 2008. *Identifikasi Kondisi Eksisting Kawasan Lindung Prov. Jawa Barat (5 Kabupaten : Bandung, Bogor, Ciamis, Cianjur, Sumedang)*. Diunduh pada alamat www.dishut.jabarprov.go.id/ tanggal 31 Juli 2011 jam 9.42
- Goro, Garup Lambang. 2008. *Kajian Pengaruh Intensitas Hujan pada Jenis Tanah Regosol Kelabu untuk Kemiringan Lereng yang Berbeda*. Wahana Teknik Sipil. Volume 13. Nomor 2. Halaman 86-98

- Guwendo. 1985. *Beragaman Lateral Beberapa Sifat Tanah Lapisan Atas pada Dua Profil Lereng di Daerah Ciapus-Bogor*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Hardiningrum, Farida, M. Taufik, B. Muljo. 2005. *Analisis Genangan Air Hujan di Kawasan Delta dengan Menggunakan Penginderaan Jauh dan SIG*. Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV : Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh untuk Peningkatan Kerjasama Bangsa. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2006. *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Cetakan Pertama. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. xiv + 450 Halaman
- Harjadi, Beny. 2007. *Perhitungan Erosi Kuantitatif Metode MMF dengan PJ dan SIG di DAS Benain-Noelmina*. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan. Volume 7. Nomor 2. Halaman 127-132
- Hendrawan, H. 2004. *Aplikasi Sistem Informasi Geografi (SIG) Untuk Pendugaan Erosi dengan Pendekatan USLE (Universal Soil Loss Equation) di Sub-DAS Cimuntur, Ciamis*. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.
- Hermida, I Dewa Putu, Y. Sulaiman, J. Yunas. 2005. *Studi Pendahuluan Monitoring Gerakan Sedimen pada Dasar Aliran Sungai Citarum*. Jurnal Elektronika. Volume 5. Nomor 1. Januari – Juni. Halaman 7 – 14
- Hikmatullah. 2009. *Karakteristik Tanah-Tanah Vulkan Muda dan Kesesuaian Lahannya untuk Pertanian di Halmahera Barat*. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan. Volume 9. Nomor 1. Halaman 20 - 29
- Indarto. 2010. *Hidrologi (Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi)*. Cetakan Pertama. PT Bumi Aksara. Jakarta. xx + 280 Halaman
- Indriyanto. 2008. *Pengantar Budi Daya Hutan*. Cetakan Pertama. PT. Bumi Aksara. Jakarta. xvi + 234 Halaman
- Kartasapoetra, A.G. Kartasapoetra, M. M. Sutedjo. 2005. *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Edisi Kedua. Cetakan Kelima. PT Rineka Cipta. Jakarta. ix + 194 Halaman
- Kironoto, Bambang Agus. 2000. *Kajian Angkutan Sedimen pada Saluran Curam dengan Material Dasar Halus*. Forum Teknik Sipil. Nomor X/1. Januari. Halaman 12 – 22

- Lukman, Melly dan E. Susanto. 2009. *Arahan Konservasi DAS dengan Model AGNPS : Studi Kasus pada DAS Bila Balu Cendranae*. JSDA. Volume 5. Nomor 2. November. Halaman 105 – 114
- Maryono, Agus. 2005. *Eko-Hidrolik Pembangunan Sungai (Menanggulangi Banjir dan Kerusakan Lingkungan Wilayah Sungai)*. Edisi Kedua. Magister Sistem Teknis Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. xvi + 145 Halaman
- _____. 2005b. *Menangani Banjir, Kekeringan dan Lingkungan*. Cetakan Pertama. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. xvii + 162 Halaman
- Mulyono, Asep. 2009. *Perkiraan Tingkat Erosi Tanah di Sub DAS Besai, Lampung Barat*. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*. Jilid 19. Nomor 1. Halaman 35 - 47
- Murtiono, Ugro Hari. 2008. *Kajian Model Estimasi Volume Limpasan Permukaan Debit Puncak Aliran dan Erosi Tanah dengan Model Soil Conservation Service (SC), Rasional dan Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) (Studi Kasus di DAS Kedung, Wonogiri)*. *Forum Geografi*. Volume 22. Nomor 2. Desember. Halaman 169 – 185
- Newson, Malcolm. 1997. *Land, Water and Development : Sustainable Management of River Basin Systems*. Second edition. Routledge. New York. xxxv + 423 Pages
- Notohadiprawiro, Tejoyuwono. 2006. *Peranan Tanah dalam Menunjang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 1998 tanggal 19 Agustus 1998 tentang Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian Alam
- Purnomosidhi, Pratiknyo dan S. Rahayu. 2002. *Pengendalian Alang-Alang dengan Pola Agroforestri dalam Akar Pertanian Sehat : Konsep dan Pemikiran*. Universitas Brawijaya. Malang
- Purwanto, Edi, J. Ruijter. 2004. *Dampak Hidrologis Hutan, Agroforestri, dan Pertanian Lahan Kering sebagai Dasar Pemberian Imbalan kepada Penghasil Jasa Lingkungan di Indonesia*. *Prosiding Lokakarya*. Padang. Halaman 1-22
- Pusat Inventarisasi dan Perpetaan Kehutanan. 2008. *Pemantauan Sumber Daya Hutan*. Departemen Kehutanan. Jakarta

- Rahadi, Bambang, E. Nurhayati, E. Purwanti, Ery Suhartanto. 2008. *Penilaian Tingkat Bahaya Erosi dengan Mempergunakan Arc View GIS*. Teknologi dan Kejuruan. Volume 31. Nomor 1. Halaman 15-25
- Rajati, Tati, C. Kusmana, D. Darusman, A. Saefuddin. 2006. *Oprimalisasi Pemanfaatan Lahan Kehutanan dalam Rangka Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Kesejahteraan Sosial Ekonomi Masyarakat Desa Sekitar Hutan : Strudi Kasus di Kabupaten Sumedang*. Jurnal Manajemen Hutan Tropika. Volume XII. Nomor 1. Halaman 38-50
- Rianse, Usman, dan Abdi. 2010. *Agroforestri : Solusi Sosial dan Ekonomi Pengelolaan Suber Daya Hutan*. Cetakan Pertama. CV. Alfabeta. Bandung. Xii + 328 Halaman
- Sa'ad, Nono Sutrisno. 2004. *Kajian Pendugaan Erosi Sub Daerah Aliran Sungai Tugu Utara (Ciliwung Hulu)*. Jurnal Tanah dan Lingkungan. Volume 6. Nomor 1. April. Halaman 31-38
- Safar, Misran. 2007. *Teknik Pengelolaan dan Interpretasi Data*. Selami IPS. Volume II. Nomor 21. Agustus. Halaman 201 – 214
- Saifudin, C. A., D. Hastria. 2007. *Pengkajian Daerah Resapan DAS Luk Ulo, Kabupaten Kebumen*. Prosiding Seminar Geoteknologi Kontribusi Ilmu Kebumian dalam Pembangunan Berkelanjutan. Bandung. Halaman 109 - 118
- Salim, Hang Tuah, M.S.B. Kusuma, Nazili. 2006. *Pemodelan Hubungan Hujan, Limpasan dan Kapasitas Erosi pada Suatu DAS yang Masuk ke Palung Sungai*. Proc. ITB Sains & Tek. Volume 38. Nomor 1. Halaman 51-72
- Santoso, Bedjo. 2008 *Kebijakan Penerapan Multisistem Silvikultur pada Hutan Produksi di Indonesia*. Lokakarya Nasional Penerapan Multisistem Silvikultur pada Pengusahaan Hutan Produksi
- Saud, Ismail. 2008. *Prediksi Sedimentasi Kali Mas Surabaya*. Jurnal Aplikasi. Volime 4. Nomor 1. Februari. Halaman 20 – 26
- Sihite, Jamartin. 2005. *Dampak Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Erosi dan Hidrology di DAS Besai-Lampung Barat*. Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lemlit Usakti. Volume 17. Nomor 1. Halaman 37 – 56
- Sismanto. 2009. *Analisa Lahan Kritis Sub DAS Riam Kanan DAS Barito Kabupaten Banjar Kalimantan Tengah*. Jurnal Aplikasi. Volume 6. Nomor 1. Halaman 1 - 11

- Soemarto, C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional. Surabaya. xiii + 515 halaman
- Sofyan, Iendra. 2004. *Pengaruh Tata Guna Lahan terhadap Kualitas dan Kuantitas Air Sungai Cikapundung*. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang
- Sucipto. 2008. *Kajian Sedimentasi di Sungai Kaligarang dalam Upaya Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Kaligarang – Semarang*. Universitas Diponegoro. Semarang
- Suhartanto, Ery, S. Hardjoamidjojo, B.I. Setiawan, H. Pawitan, N.H. Pandjaitan. 2004. *Pendugaan Runoff, Erosi dan Sedimentasi Berbasis Model Hidrologi WEPP di Sub DAS Ciriung, DAS Cidanau*. Jurnal Keteknikan Pertanian. Volume 18. Nomor 2. Agustus. Halaman 117 – 130
- Sukri, Muhamad. 2006. *Studi Penyusunan Tabel Faktor Tinggi Tegakan (FT) pada Tegakan Mahoni Daun Besar (Swietenia macrophylla, King) di BKPH Tanggeung KPH Cianjur Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten*. Sripsi. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor 837/Kpts/Um/11/1980 tanggal 24 November 1980 tentang Kriteria dan Tata Cara Penetapan Hutan Lindung
- Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor 683/Kpts/Um/8/1981 tanggal 8 Agustus 1981 tentang Kriteria dan Tata Cara Penetapan Hutan Produksi
- Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 31/Kpts-II/2001 tanggal 12 Februari 2001 tentang Penyelenggaraan Hutan Kemasyarakatan
- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Edisi Pertama. Andi. Yogyakarta. xvi + 210 halaman
- Suryanto, Priyono, Tohari, M. S. Sabanurdin. 2005. *Dinamika sistem berbagai sumberdaya (resources sharing) dalam agroforestri : Dasar Pertimbangan Penyusunan Strategi Silvicultur*. Ilmu Pertanian Volume 12 Nomor 2. Halaman 165 - 178
- Suyanto, Bagong dan Sutinah. 2010. *Metode Penelitian Sosial (Berbagai Alternatif Pendekatan)*. Kencana Prenada Media Group. Jakarta
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tanggal 30 September 1999 tentang Kehutanan

- Utomo, P. Edi, A. Tohari, E. Soebowo, Sudaryanto. 2003. *Studi Kebijakan Iptek, Zona Resiko Bencana Geologi Jawa Barat*. Pusat Penelitian Geoteknologi. LIPI. Bandung
- Vadari, Tagus, K. Subagyo, N. Sutrisno. 2004. *Model Prediksi Erosi : Prinsip, Keunggulan dan Keterbatasan*. Dalam : Teknologi Konservasi Tanah pada Lahan Kering Berlereng. Departemen Pertanian. Jakarta
- Widiatmaka, Sarwono Hardjowigeno. 2007. *Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tata guna Lahan*. Cetakan pertama. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. xx + 352 halaman
- Wulandari, Dyah Ari. 2004. *Evaluasi Penggunaan Lengkung Laju Debit-Sedimen (Sediment-Discharge Rating Curve) untuk Memprediksi Sedimen Layang*. Tesis. Magister Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro. Semarang
- Yu, B., C.W. Rose, D. Yin, C. Anecksamphat. 2001. *Re-Interpretation of USLE for Physically Based Erosion Models with Examples from Southern China and Northern Thailand*. Sustaining the Global Farm. Pages 929-934
- Zukarnain, Iskandar, Suripin, S. Darsono. 2010. *Pengaruh Perubahan Penutupan Lahan Terhadap Laju Sedimentasi Waduk*. Pilar Jurnal. Volume 2. Halaman 93 – 106

Lampiran I. Ringkasan eksekutif

DAS Citarum merupakan DAS terpanjang dan terbesar di Jawa Barat. Sungai Citarum berperan bagi kehidupan sosial ekonomi masyarakat khususnya di Jawa Barat dan DKI Jakarta. Untuk tujuan pengelolaan dan perlindungan, DAS dibagi menjadi tiga bagian yaitu hulu, tengah dan hilir (Bisri, 2009). Masing-masing bagian memiliki fungsinya sendiri, salah satunya adalah bagian hulu yang berfungsi sebagai daerah konservasi, tangkapan hujan dan mempertahankan lingkungan DAS agar tidak terdegradasi. Salah satu Sub DAS Citarum bagian hulu adalah Sub DAS Cisokan. Sub DAS Cisokan memiliki peran penting sebagai daerah tangkapan hujan, sedangkan aliran Cisokan dimanfaatkan sebagai sumber pengelolaan air.

Pengelolaan DAS merupakan suatu bentuk pengembangan dan pemanfaatan wilayah dengan tujuan meningkatkan produksi sumber daya alam secara optimum dan berkelanjutan (Bisri, 2009). Pengelolaan DAS merupakan upaya yang dilakukan untuk menekan seminimal mungkin kerusakan lahan. Tetapi pada kenyataannya, aktivitas pemanfaatan lahan mengakibatkan perubahan penggunaan dan tata guna lahan pada kurun waktu tertentu yang selanjutnya dapat mengakibatkan degradasi DAS. Erosi merupakan salah satu aspek dalam pengelolaan DAS, oleh karena itu kajian mengenai potensi erosi tanah akibat dari perubahan penutupan lahan menjadi sangat penting khususnya pada daerah hulu yang merupakan daerah konservasi DAS termasuk salah satunya adalah Sub DAS Cisokan.

Erosi tanah disebabkan oleh banyak faktor, baik bersifat alami maupun aktivitas manusia yaitu perubahan penutupan lahan sebagai representasi kegiatan manusia. Fenomena dan fakta ini secara asumptif terjadi di Sub DAS Cisokan oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji tingkat erosi tanah di Sub DAS Cisokan dan arahan pengelolaannya berdasarkan kriteria alternatif penutupan lahan.

Metode pendugaan erosi banyak berkembang, salah satu yang banyak digunakan di Indonesia adalah menggunakan persamaan matematis seperti yang

dikemukakan oleh Wischmeier dan Smith (1978) dalam Asdak (2004) yang dikenal sebagai persamaan USLE. Model Calsite adalah salah satu model pendugan erosi yang dikembangkan menggunakan kombinasi USLE dan fungsi *delivery ratio*. Ada tiga tahap utama dalam Model Calsite, yaitu perhitungan sumber erosi tanah menggunakan USLE, kaliberasi erosi menggunakan *delivery image*, nilai observasi kehilangan tanah dan perhitungan angkutan sedimen. Perhitungan Model Calsite dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut (Bradbury et al, 1993) :

$$TE = SE \times f(Dlp) \times k$$

keterangan :

SE = Sumber erosi (dari USLE)

f(Dlp) = *Calibrate delivery ratio*

k = konstanta

Sub DAS Cisokan merupakan salah satu sub DAS bagian hulu dari DAS Citarum. Sub DAS Cisokan mempunyai bentuk DAS yang melebar di bagian hulu mulai dari arah selatan di Gunung Masigit, Gunung Halu, sampai ke Gunung Putri di Cianjur. Hilir Sungai Cisokan berada di Waduk Cirata yang juga merupakan bendungan sungai Citarum. Secara administrasi Sub DAS Cisokan terletak di dua kabupaten yaitu Kabupaten Cianjur dan Kabupaten Bandung Barat. Secara geografis, Sub DAS Cisokan terletak antara 106,986° – 107,410° BT dan 6,731° – 7,122° LS.

Sub DAS Cisokan mempunyai empat kelas erosivitas hujan. Kelas erosivitas hujan pertama adalah 1.057,8 – 1.265,5 mencakup 154,82 km² atau 13,3 % luas Sub DAS Cisokan. Kelas erosivitas kedua dengan nilai 1.265,5 – 1.473,3 mencakup area 452,75 km² atau 38,9%. Kelas erosivitas ketiga dengan nilai 1.473,3 – 1.681,0 mencakup luas 515,46 km² atau 44,2 %. Kelas erosifitas keempat dengan nilai 1.681,0 – 1.888,8 mencakup 40,95 km² atau 3,5%.

Sub DAS Cisokan memiliki kemiringan lereng yang bervariasi, yang terluas adalah daerah datar yaitu yang memiliki kemiringan lereng 0 – 8% seluas 38,3% luas sub DAS meliputi bagian tengah Sub DAS Cisokan dan sebagian di kaki bukit pada bagian hulu. Topografi terluas kedua adalah agak curam yaitu

kemiringan lereng 15 – 25% seluas 23,2% yang mendominasi pada bagian kaki perbukitan yang memanjang pada bagian barat dan selatan. Kemiringan lereng selanjutnya adalah 25 – 40% seluas 15,4%. Kemiringan lereng 8 – 15% seluas 15,2% meliputi daerah kaki perbukitan bagian hulu dan daerah Gunung Putri. Kemiringan lereng >40% seluas 7,8% luas sub DAS meliputi daerah gunung dan aliran sungai daerah perbukitan.

Terdapat 12 jenis tanah di Sub DAS Cisokan yang sebagian besar berasal bahan induk tuf/abu volkan muda dan endapan liat dan pasir. Yang memiliki area paling luas adalah jenis tanah latosol coklat yaitu seluas 21,3% dan kompleks podsolik merah kekuningan, podsolik kuning dan regosol seluas 16,3%. Jenis tanah yang memiliki area terkecil adalah kompleks mediteran coklat kemerahan dan litosol yaitu hanya seluas 0,1% dari luas Sub DAS Cisokan.

Penutupan lahan dalam kurun waktu sepuluh tahun, yaitu 2000 – 2009 menunjukkan perubahan yang dapat dikatakan memperbesar resiko terjadinya degradasi lahan dan erosi. Terjadi perubahan penutupan lahan dari hutan primer menjadi hutan sekunder seluas 959,8 Ha. Hutan sekunder menjadi perkebunan seluas 727,2 Ha, menjadi pertanian lahan kering campur seluas 1.647,4 Ha, menjadi sawah 277,7 Ha, menjadi pemukiman 307,6 Ha dan menjadi tanah terbuka/kosong seluas 124,4 Ha. Perubahan lahan yang dapat meminimasi resiko erosi dapat berupa sawah menjadi lahan perkebunan seluas 20,2 Ha, tanah terbuka/kosong menjadi semak/belukar seluas 8,3 Ha, tanah terbuka/kosong menjadi pertanian lahan kering campur seluas 564,9 Ha, tanah terbuka/kosong menjadi sawah seluas 4,2 Ha dan pemukiman seluas 1,6 Ha.

Menurut perhitungan erosi menggunakan Model Calsite, tingkat erosi di Sub DAS Cisokan tahun 2000 meliputi tingkat normal sebesar 87,97%, ringan 8,24%, moderat 2,75%, berat 0,98% dan sangat berat 0,07% sedangkan di tahun 2009 tingkat erosi normal sebesar 87,74%, ringan 8,05%, moderat 2,91%, berat 1,05% dan sangat berat 0,1%. Dari kurun waktu 10 tahun terdapat peningkatan tingkat erosi sebesar 0,07% untuk tingkat erosi berat dan 0,03% untuk sangat berat. Hal ini disebabkan adanya perubahan penutupan lahan yang menyebabkan meningkatnya bahaya erosi.

Tingkat erosi merupakan fungsi dari beberapa faktor yang mempengaruhinya dan menghasilkan kombinasi yang sangat banyak. Sehingga untuk menyederhanakan besarnya pengaruh setiap faktornya maka tingkat erosi yang dilihat dibahas adalah tingkat erosi tinggi dan sangat tinggi. Tingkat erosi berat masih terjadi di hutan sekunder yaitu sebesar 72,2% dan ditahun 2000 dan 52% ditahun 2009 dari luas total tingkat erosi berat. Jumlah ini dapat dikatakan dominan, tetapi area hutan sekunder yang mengalami tingkat erosi berat selalu pada saat berasosiasi dengan jenis tanah asosiasi andosol coklat dan regosol coklat serta pada kelerengannya >40%.

Berdasarkan kriteria fungsi lindung, kawasan lindung di daerah penelitian meliputi 19% dari total luas. Kawasan lindung ini meliputi Gunung Putri dan pengunungan Gunung Masigit. Dari seluruh kawasan lindung di tahun 2000, 3,71% berupa hutan tanaman mengalami erosi tingkat berat sedangkan 9,60% moderat, 19,4% tingkat ringan dan 40,18% tingkat normal. Pada tahun 2009, terjadi perubahan penutupan lahan khususnya dari hutan tanaman menjadi pertanian lahan kering campur. Peningkatan erosi pada penutupan pertanian lahan kering campur meliputi tingkat erosi moderat meningkat 1,00% dan tingkat berat meningkat 0,28%. Lahan terbuka di kawasan lindung berhasil diturunkan walaupun penurunannya hanya mencapai 0,5%.


Dalam rangka pengelolaan dan perlindungan Sub DAS Cisokan, arahan pengelolaan DAS dilakukan dengan pendekatan kriteria alternatif penutupan lahan berdasarkan faktor ketinggian, iklim, kemiringan lereng serta memperhatikan status kawasan hutan. Terdapat sepuluh alternatif penutupan lahan yaitu kawasan konservasi dan lindung (17,7%), hutan produksi tetap yang berfungsi lindung (4,9%), hutan produksi terbatas yang berfungsi lindung (0,1%), hutan produksi tetap (9%), hutan produksi terbatas (1,5%), tanaman tahunan sistem agroforestri intercropping tanaman semusim lahan kering (2,9%), tanaman tahunan ditanam menurut kontur (2,9%), tanaman semusim lahan kering intercropping tanaman tahunan (6,6%), tanaman semusim lahan kering (3,1%) dan pertanian semusim lahan basah (51,5%).

Analisis alternatif penutupan lahan yang disusun merupakan salah satu arahan ideal berdasarkan karakteristik fisik, tetapi pada kenyataannya penutupan lahan di daerah penelitian jika dikaitkan dengan tingkat erosi tanah ada yang dapat dikatakan sesuai atau tidak sesuai dengan hasil analisis tersebut. Tingkat erosi pada penutupan lahan berupa hutan sekunder dengan jenis tanah yang peka terhadap erosi khususnya jenis tanah asosiasi andosol coklat dan regosol coklat terutama pada kelerengan yang curam dan sangat curam dapat diminimasi dengan reboisasi dan rehabilitasi hutan yaitu dengan penanaman dan pengkayaan jenis tanaman kayu dan bukan kayu.

Upaya pengelolaan lahan pada lahan tersebut dapat dilakukan dengan cara reboisasi dan penghijauan hutan yaitu dengan penanaman dan pengkayaan jenis tanaman kayu dan bukan kayu. Hal ini juga dapat dilakukan pada penutupan lahan selain hutan sekunder yang mengalami tingkat erosi moderat sampai sangat berat yang berada pada kawasan hutan konservasi dan lindung atau bahkan di luar kawasan hutan. Upaya ini bertujuan untuk mencapai penutupan lahan hutan yang memiliki tingkat kerapatan vegetasi mendekati hutan primer.

Penghijauan juga dapat dilakukan pada lahan bukan kawasan hutan yang mengalami tingkat erosi moderat sampai sangat berat. Penghijauan pada tanah kosong, pemukiman, pertanian lahan kering dan campur dapat dilakukan dengan cara vegetasi yaitu menambah kerapatan tutupan vegetasi sehingga akan mengurangi tenaga kinetik air hujan, dan aliran permukaan. Sistem agroforestri yaitu mengkombinasikan tanaman semusim dengan tanaman tahunan dapat merupakan salah satu menambah kerapatan tutupan vegetasi. Pada persawahan di lereng lebih dari 10%, pengurangan erosi dapat dilakukan dengan pembuatan teras bangku dan sistem pertanaman lorong dimana barisan tanaman perdu ditanam rapat (jarak 10-25 cm) menurut garis kontur sebagai tanaman pagar dan tanaman semusim ditanam pada lorong di antara tanaman pagar. Secara mekanis, upaya konservasi tanah dilakukan dengan cara pembuatan rorak, guludan pada kelerengan 10 – 40% dan teras bangku pada kelerengan sampai 60%.

Lampiran 4. Analisis hasil sedimen



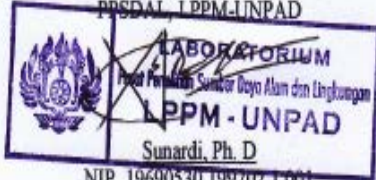
KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS PADJADJARAN
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
PUSAT PENELITIAN SUMBER DAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
(INSTITUTE OF ECOLOGY)
 Alamat : Jl. Sekeloa Selatan I Bandung 40132
 Telp.(022) 2504982, 2502176, Fax. (022) 2504982 E-mail: ecology@unpad.ac.id

ANALISA HASIL SEDIMEN

Dibuat Untuk : Sungai Cisokan
 Lokasi : Legok Terong, Ciranjang, Kab. Cianjur.
 Jenis Sampel : Air Sungai
 Jumlah Sampel : 3 (Tiga)
 Tanggal Pengambilan Sampel : 15 Juni 2011
 Tanggal Penerimaan : 16 Juni 2011
 Tanggal Pemeriksaan : 16 - 20 Juni 2011

No	KODE SAMPEL	k	V (m ³ /dtk)	F (m ²)	Q (m ³ /dtk)	Hasil Pemeriksann			Qs (ton/hari)
						Volume Contoh (ml)	Berat Sedimen (gr)	Kadar Sedimen (mg/l)	
1	Cisokan (I)	0.0864	0.245	28.08	6.889	400	0.04111	103	61.2
2	Cisokan (II)	0.0864	0.245	28.08	6.889	400	0.03304	83	49.2
3	Cisokan (III)	0.0864	0.245	28.08	6.889	400	0.03634	91	54.1
								Σ Qs	54.8

Bandung , 20 Juni 2011
 Koordinator Laboratorium
 PPSDAL - LPPM-UNPAD



Sunardi, Ph. D
 NIP. 19690530 199702 1 001

Lampiran 5. Penentuan ukuran butir sedimen dasar Sungai Cisokan

PENENTUAN UKURAN BUTIR

KLIEN : Mahasiswa S-2 UNDIP
 PROYEK : Penelitian
 LOKASI : S. Cisokan Catur
 KEDLMN. :

DIKERJAKAN OLEH : Joko
 TANGGAL MULAI : Juni 2011
 TANGGAL SELESAI :
 DIPERIKSA OLEH : Agus

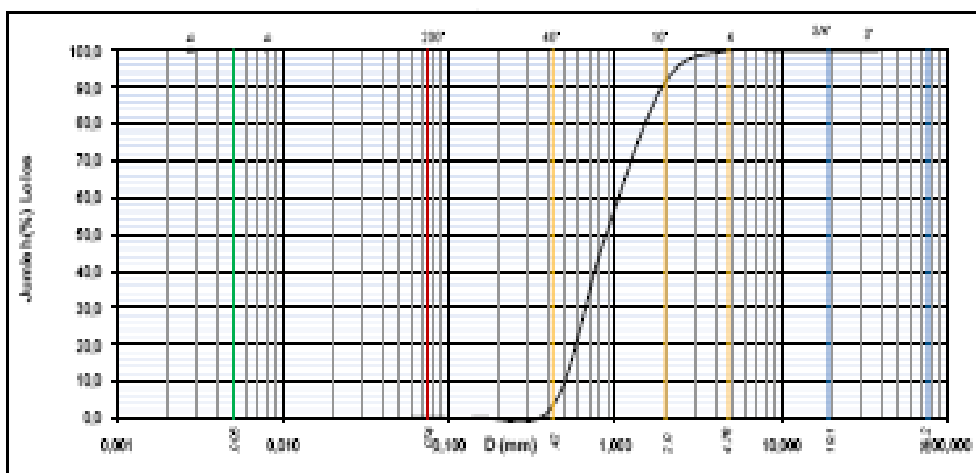
Analisa Saringan

Analisa Saringan						
Brt Tertahan di No.4 :		0,00	Brt Contoh Kering :		173,00	g
Brt Lewat No.200 :		0,33	g			
Saringan No	Brt. Tthn. g	Brt. Kor. g	Persen tertahan (%)	Persen Kumulatif (%)	Diameter D (mm)	Kumulatif Halus (%)
1.6	0,00	0,00	0,00	0,00	38,100	100,00
3/4	0,00	0,00	0,00	0,00	19,100	100,00
3/8	0,00	0,00	0,00	0,00	9,520	100,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	4,760	100,00
10	14,57	14,57	8,42	8,42	2,000	91,58
20	75,45	75,45	43,61	52,03	0,850	47,97
40	77,23	77,23	44,63	96,66	0,420	3,34
100	5,45	5,45	3,15	99,81	0,149	0,19
200	0,00	0,00	0,00	99,81	0,075	0,19
Pan	0,33	0,33	0,19			
Jumlah	173,03	173,03	100,00			

Hydrometer

Koreksi Gabungan : 0,3 Berat Jenis G_s : 2,714 Faktor % kumulatif : 0,9151
 Koreksi Meniskus : 3,3 Konst. M atau K : 0,0041 Luas Pnng Jar : 27,00

Waktu t (min)	Pmb.Hyd. Rh'	Kor.Pemb. Gab. Rh	Tinggi Eff. Hydromtr L (cm)	Kor.Pemb.Meniskus R	Diameter D (mm)	Kumulatif Halus (%)
1	3,3	3,6	15,357	0,0	0,0513	0,00
2	3,3	3,6	15,357	0,0	0,0363	0,00
4	3,3	3,6	15,357	0,0	0,0257	0,00
8	3,3	3,6	15,357	0,0	0,0182	0,00
15	3,3	3,6	15,357	0,0	0,0133	0,00
30	3,3	3,6	15,357	0,0	0,0094	0,00
60	3,3	3,6	15,357	0,0	0,0066	0,00
120	3,3	3,6	15,357	0,0	0,0047	0,00
240	3,3	3,6	15,357	0,0	0,0033	0,00
480	3,3	3,6	15,357	0,0	0,0023	0,00
1440	3,3	3,6	15,357	0,0	0,0014	0,00



Leumpang %	Lebas %	Per. Hls %	Per. Sdg %	Per. Kor	Kor. Hls %	Kor. Kor %	Kkal %
		3	89	8			

D₁₀ (mm): 0,5 D₅₀ (mm): 0,67 D₈₀ (mm): 1,1 C_u : C_c :

Lampiran 6. Dokumentasi lokasi penelitian (Sub DAS Cisokan)



Gambar 8. Peralatan pengukuran debit sungai



Gambar 9. Alat ukur sedimen standar tipe USDH-48



Gambar 10. Pengukuran debit dan sedimentasi Sungai Cisokan



Gambar 11. Sampel sedimentasi melayang dan dasar Sungai Cisokan



Gambar 12. Lahan sawah pada kemiringan lereng 0 – 8%



Gambar 13. Lahan sawah pada kemiringan lereng >8%



Gambar 14. Pertanian lahan kering campur (Desa Cibeber)



Gambar 15. Pertanian lahan kering (Desa Citamiang)

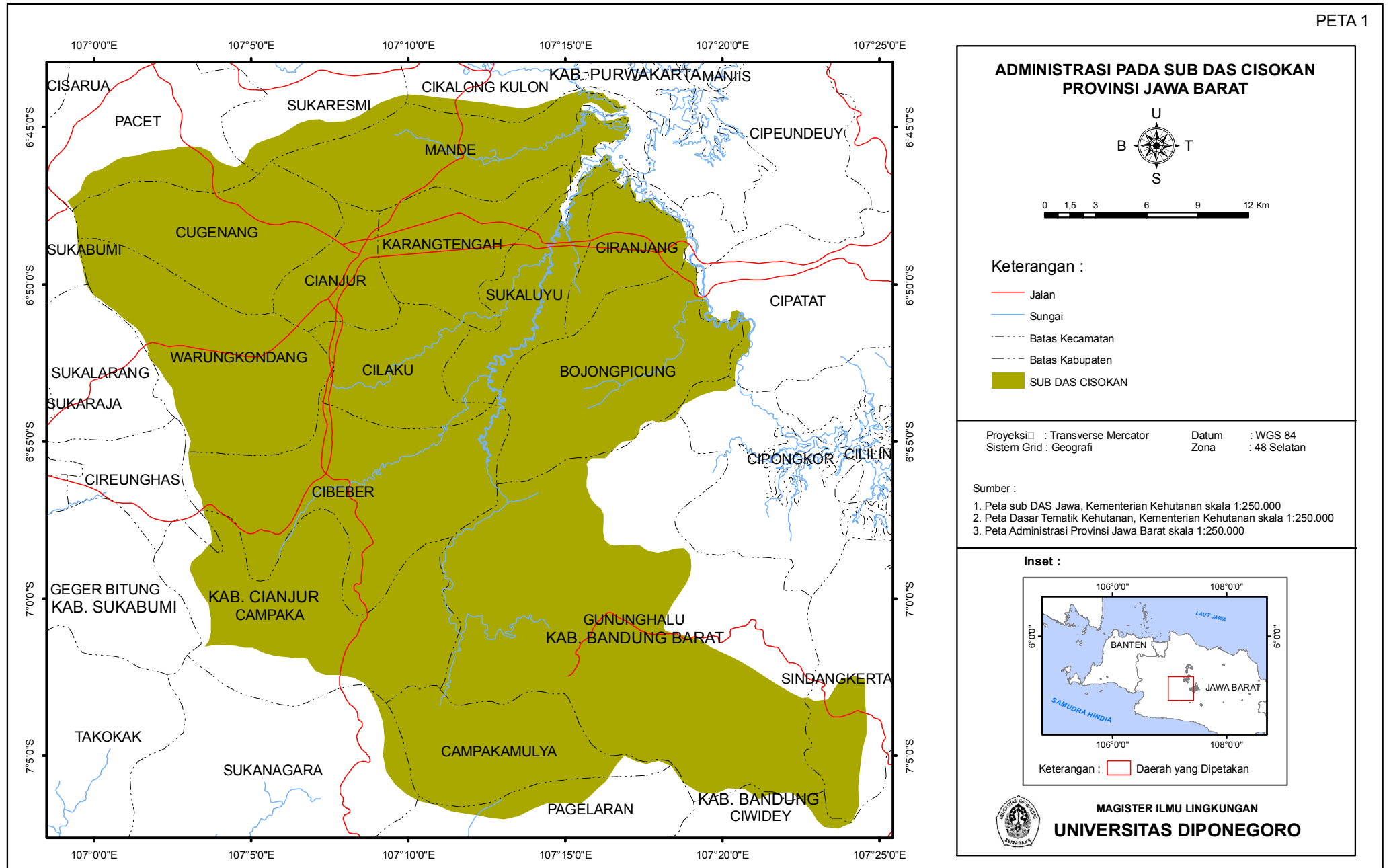


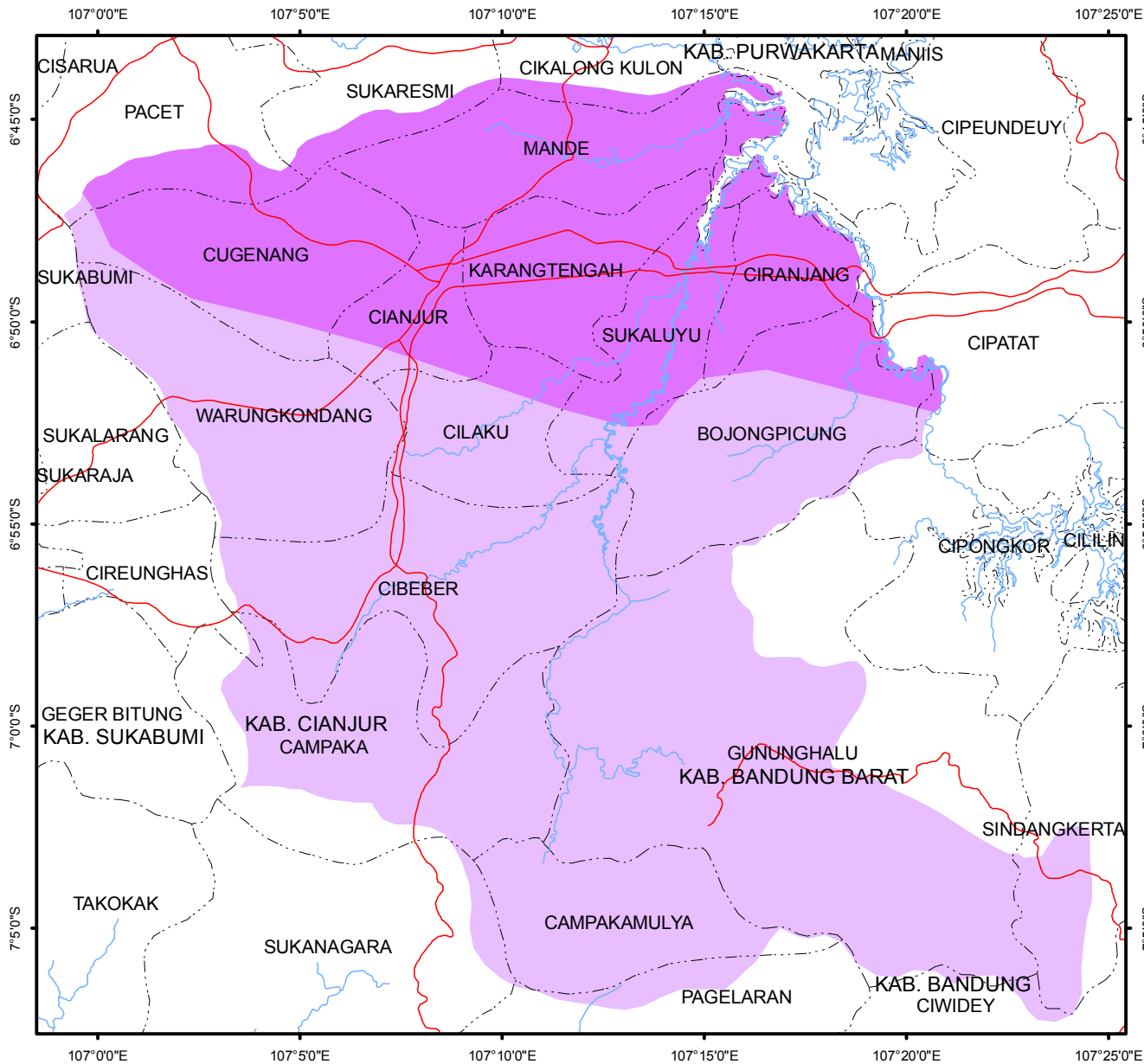
Gambar 16. Perkebunan teh Gunung Kencana



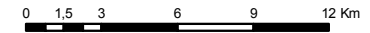
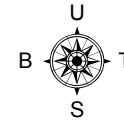
Gambar 17. Pengambilan hasil produksi kayu

Lampiran 6. Peta-peta daerah penelitian (Sub DAS Cisokan)





**KLASIFIKASI IKLIM MENURUT FERGUSSON
SUB DAS CISOKAN
PROVINSI JAWA BARAT**



Keterangan :

- | | |
|-----------------------|--------------------------------------------|
| — Jalan | Klasifikasi Hujan Menurut Fergusson |
| — Sungai | □ Agak Basah |
| - - - Batas Kecamatan | ■ Basah |
| - - - Batas Kabupaten | |

Proyeksi : Transverse Mercator Datum : WGS 84
Sistem Grid : Geografi Zona : 48 Selatan

Sumber :

1. Peta sub DAS Jawa, Kementerian Kehutanan skala 1:250.000
2. Peta Dasar Tematik Kehutanan, Kementerian Kehutanan skala 1:250.000
3. Peta Administrasi Provinsi Jawa Barat skala 1:250.000
4. Data Curah Hujan Bulanan 36 stasiun

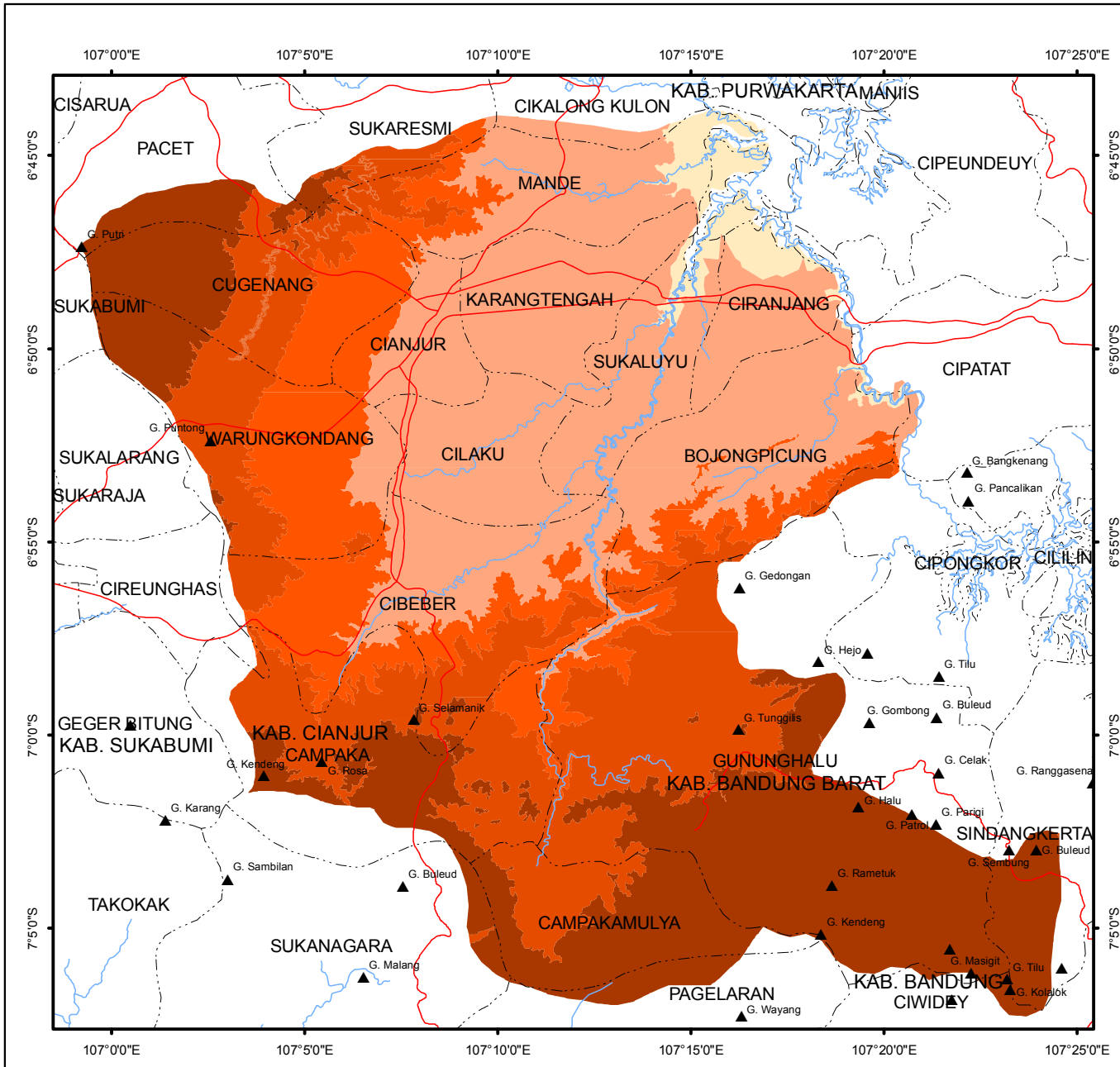
Inset :



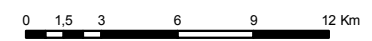
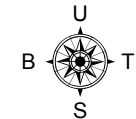
Keterangan : □ Daerah yang Dipetakan



**MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO**



**KELAS KETINGGIAN SUB DAS CISOKAN
PROVINSI JAWA BARAT**



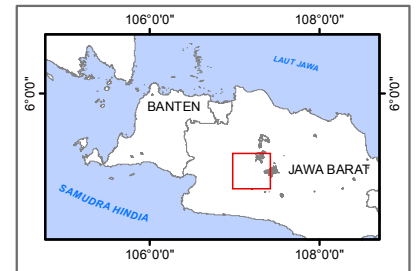
Keterangan :

- ▲ Gunung
 - Jalan
 - Sungai
 - - - Batas Kecamatan
 - - - Batas Kabupaten
- | Kelas Ketinggian | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 100 - 250 mdpl | 700 - 1000 mdpl |
| 250 - 500 mdpl | >1000 mdpl |
| 500 - 700 mdpl | |

Proyeksi : Transverse Mercator Datum : WGS 84
Sistem Grid : Geografi Zona : 48 Selatan

- Sumber :
1. Peta sub DAS Jawa, Kementerian Kehutanan skala 1:250.000
 2. Peta Dasar Tematik Kehutanan skala 1:250.000
 3. Peta Administrasi Provinsi Jawa Barat skala 1:250.000
 4. Rupa Bumi Indonesia (RBI) Jawa Barat skala 1:50.000

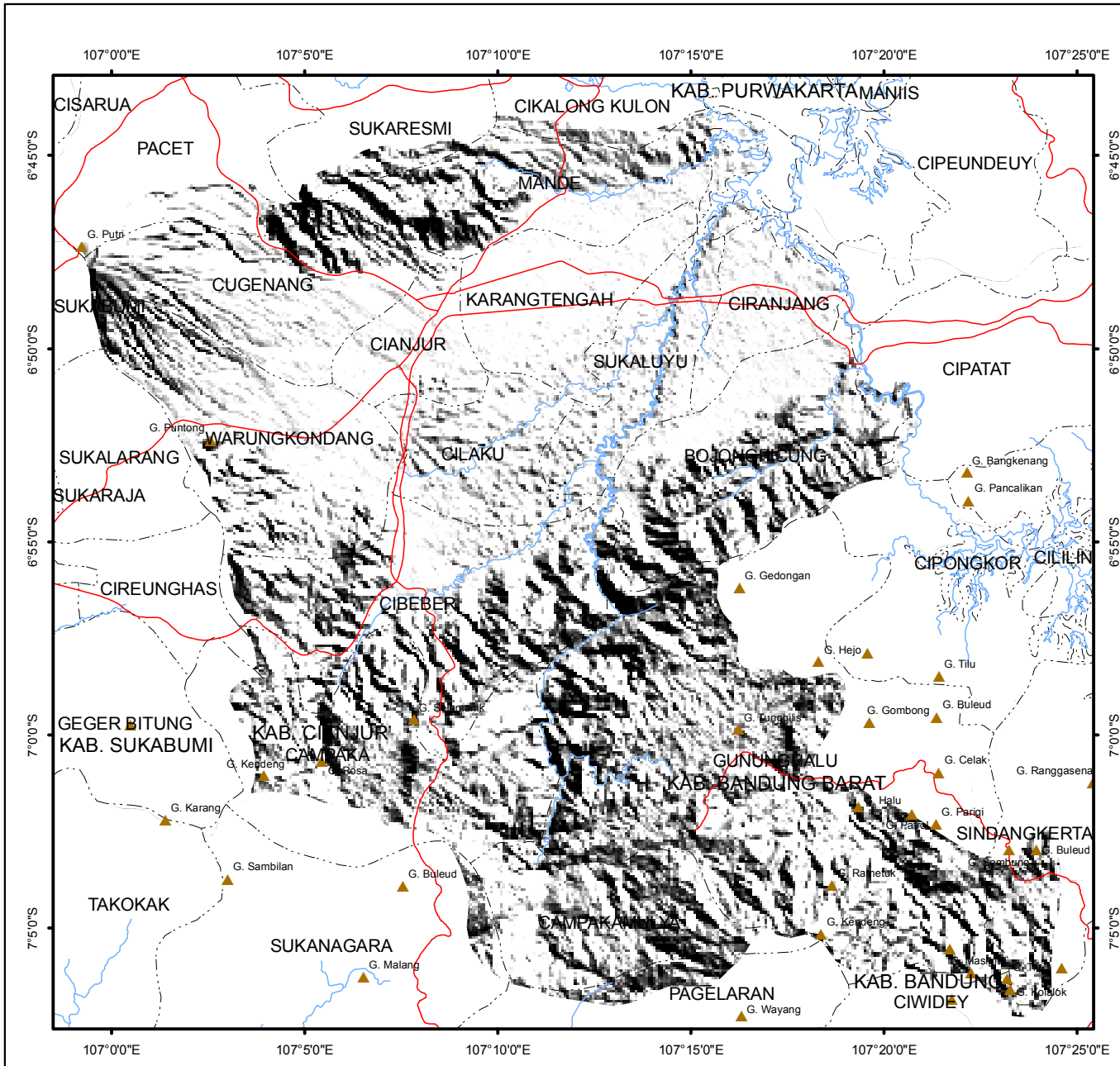
Inset :



Keterangan : Daerah yang Dipetakan



**MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO**



DIGITAL ELEVATION MODEL (DEM)
SUB DAS CISOKAN PROVINSI JAWA BARAT

Keterangan :

- Gunung
- Jalan
- Sungai
- Batas Kecamatan
- Batas Kabupaten

Proyeksi : Transverse Mercator Datum : WGS 84
Sistem Grid : Geografi Zona : 48 Selatan

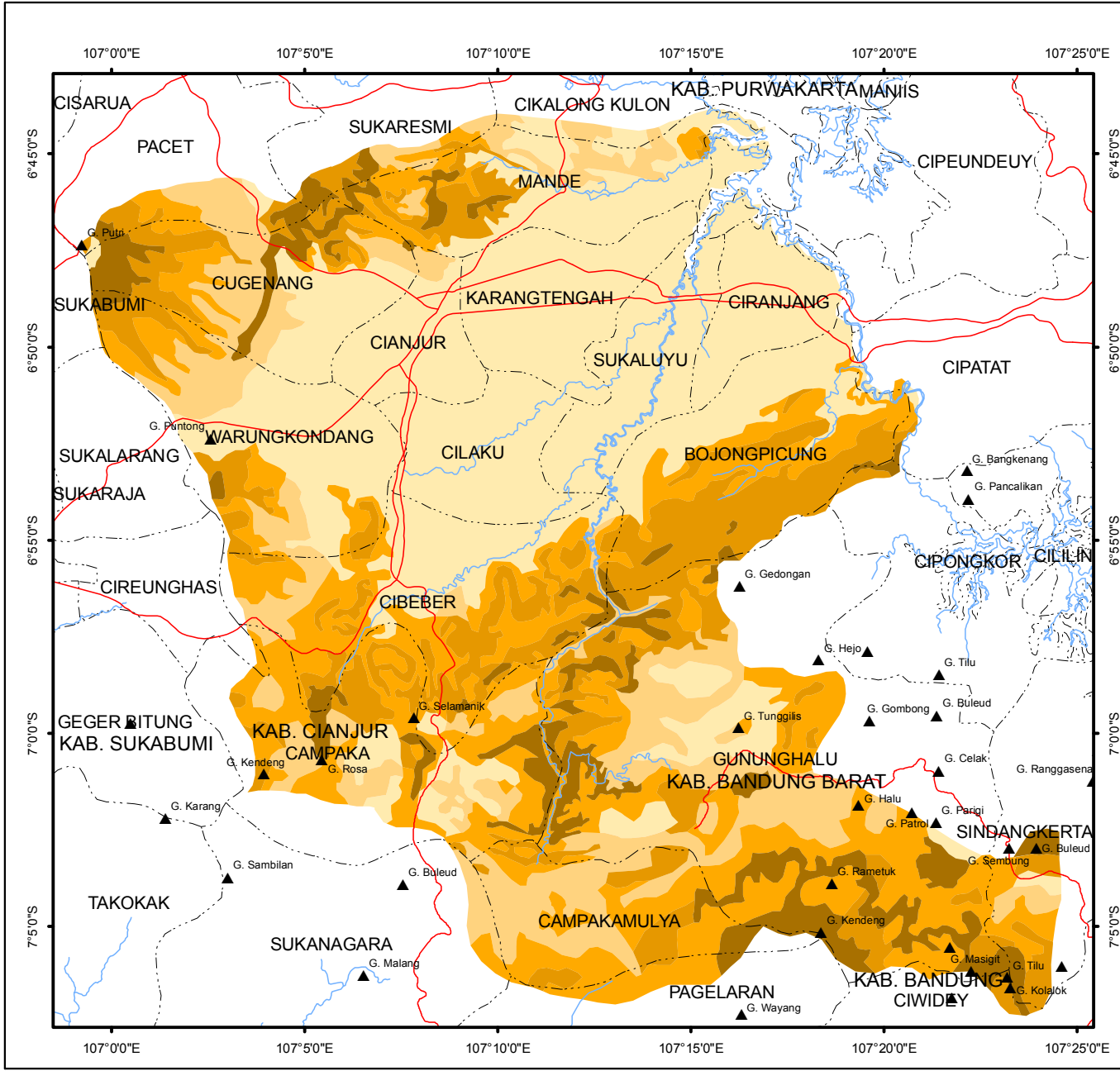
Sumber :

1. Peta sub DAS Jawa, Kementerian Kehutanan skala 1:250.000
2. Peta Dasar Tematik Kehutanan skala 1:250.000
3. Peta Administrasi Provinsi Jawa Barat skala 1:250.000
4. Rupa Bumi Indonesia (RBI) Jawa Barat skala 1:50.000

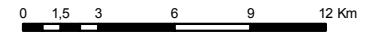
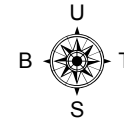
Inset :

Keterangan : Daerah yang Dipetakan

MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO



**KELAS LERENG SUB DAS CISOKAN
PROVINSI JAWA BARAT**



Keterangan :

- ▲ Gunung
 - Jalan
 - Sungai
 - - - Batas Kecamatan
 - - - Batas Kabupaten
- | Kelas Lereng | |
|--------------|---------|
| 0 - 8% | 25 - 40 |
| 8 - 15% | >40% |
| 15 - 25% | |

Proyeksi : Transverse Mercator Datum : WGS 84
Sistem Grid : Geografi Zona : 48 Selatan

Sumber :

1. Peta sub DAS Jawa, Kementerian Kehutanan skala 1:250.000
2. Peta Dasar Tematik Kehutanan skala 1:250.000
3. Peta Administrasi Provinsi Jawa Barat skala 1:250.000
4. Rupa Bumi Indonesia (RBI) Jawa Barat skala 1:50.000

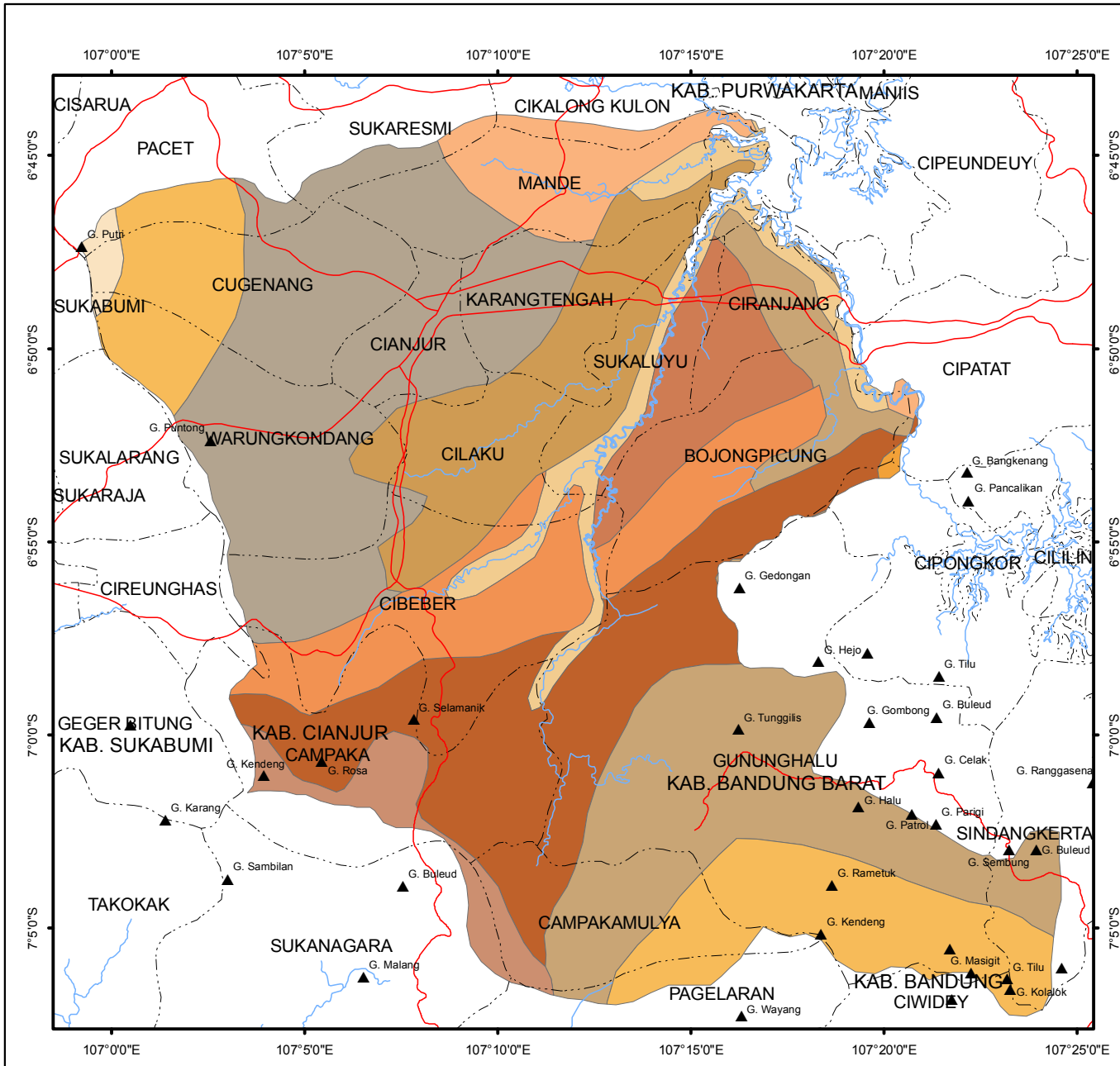
Inset :



Keterangan : Daerah yang Dipetakan



**MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO**



JENIS TANAH SUB DAS CISOKAN PROVINSI JAWA BARAT

Keterangan :

▲ Gunung	Grumusol Kelabu Tua	Latosol Coklat
— Jalan	Kompleks Latosol Merah Kekuningan, Latosol Coklat, Podsolik Merah Kekuningan dan Litosol	Latosol Coklat Kekuningan
— Sungai	Kompleks Latosol Merah dan Latosol Coklat Kemerahan dan Litosol	Latosol Coklat Tua Kemerahan
- - - Batas Kecamatan	Kompleks Mediteran Coklat Kemerahan dan Litosol	
- - - Batas Kabupaten	Kompleks Podsolik Merah Kekuningan, Podsolik Kuning dan Regosol	
	Asosiasi Andosol Coklat dan Regosol Coklat	Kompleks Regosol Kelabu dan Litosol

Jenis Tanah

- Aluvial Coklat Kelabu
- Asosiasi Aluvial Coklat Kelabu dan Aluvial Coklat Kekelabuan
- Asosiasi Andosol Coklat dan Regosol Coklat

Proyeksi : Transverse Mercator Datum : WGS 84
 Sistem Grid : Geografi Zona : 48 Selatan

Sumber :

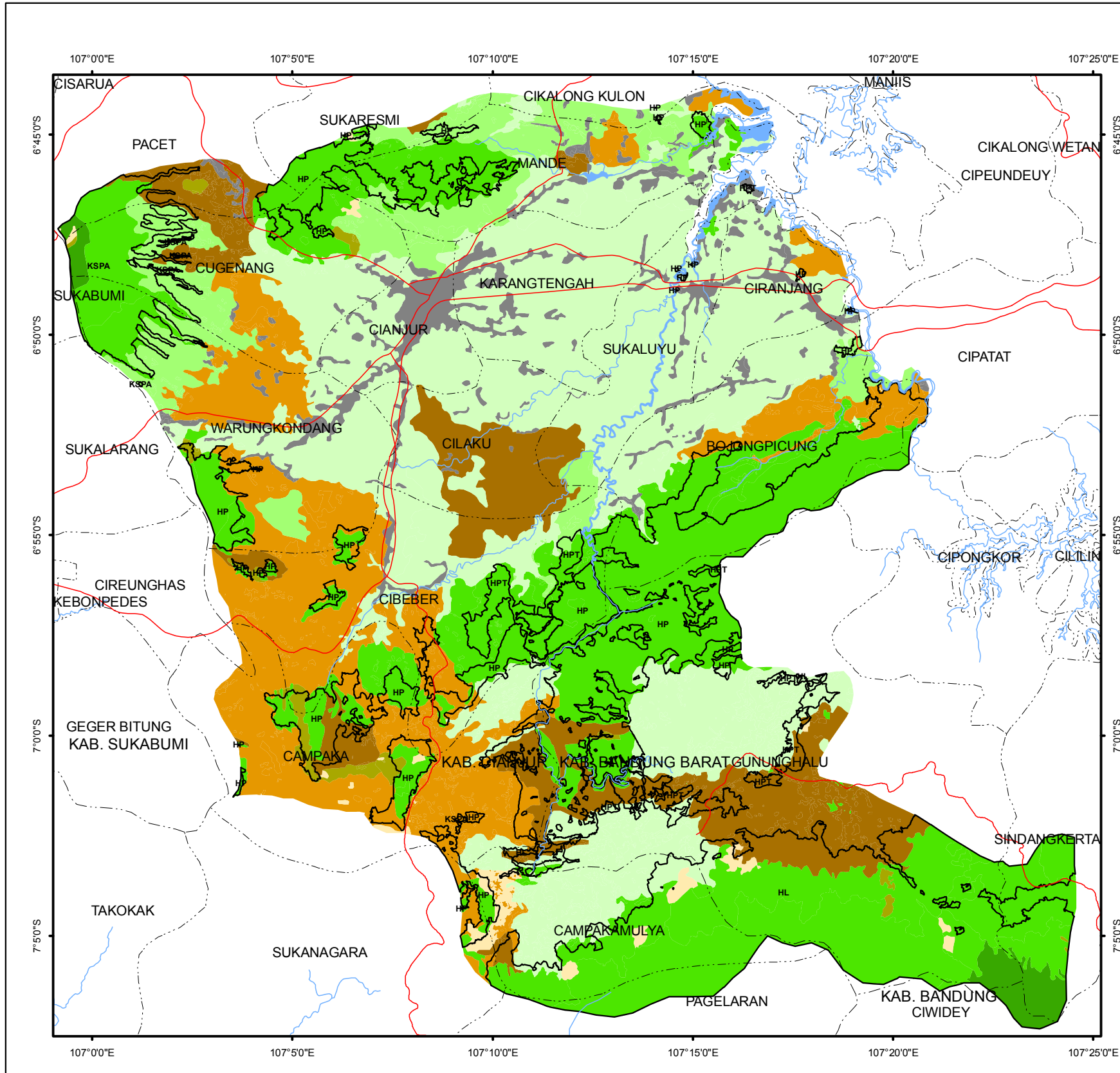
- Peta sub DAS Jawa, Kementerian Kehutanan skala 1:250.000
- Peta Dasar Tematik Kehutanan skala 1:250.000
- Peta Administrasi Provinsi Jawa Barat skala 1:250.000
- Rupa Bumi Indonesia (RBI) Jawa Barat skala 1:50.000

Inset :

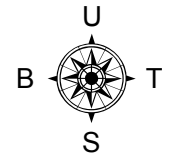
Keterangan : □ Daerah yang Dipetakan

**MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

PETA 8



**PENUTUPAN LAHAN KAWASAN HUTAN
TAHUN 2000
SUB DAS CISOKAN PROVINSI JAWA BARAT**



Keterangan :

— Jalan	 Hutan Primer	 Pertanian Lahan Kering
— Sungai	 Hutan Tanaman	 Pertanian Lahan Kering Campur
- - - Batas Kecamatan	 Perkebunan	 Pemukiman
- - - Batas Kabupaten	 Semak/Belukar	 Tanah Terbuka/kosong
	 Sawah	 Air

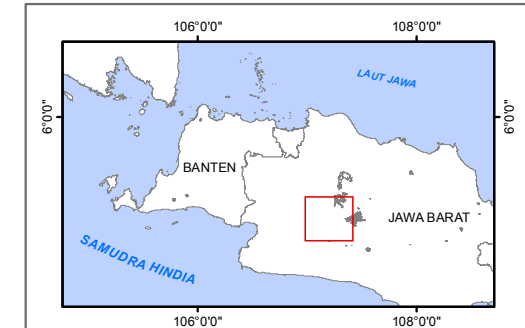
Fungsi Kawasan Hutan

KSPA Kawasan Suaka dan Pelestarian Alam	HP Hutan Produksi
HL Hutan Lindung	HPT Hutan Produksi Terbatas

Proyeksi : Transverse Mercator Datum : WGS 84
Sistem Grid : Geografi Zona : 48 Selatan

- Sumber :
1. Peta sub DAS Jawa, Kementerian Kehutanan skala 1:250.000
 2. Peta Administrasi Provinsi Jawa Barat skala 1:250.000
 3. Hasil interpretasi Citra Landsat 7 ETM+ pankromaatik tahun 2000
 4. Lampiran Surat Keputusan (SK) Menteri Kehutanan Nomor 195/Kpts-II/2003 tanggal 4 Juli 2003

Inset :

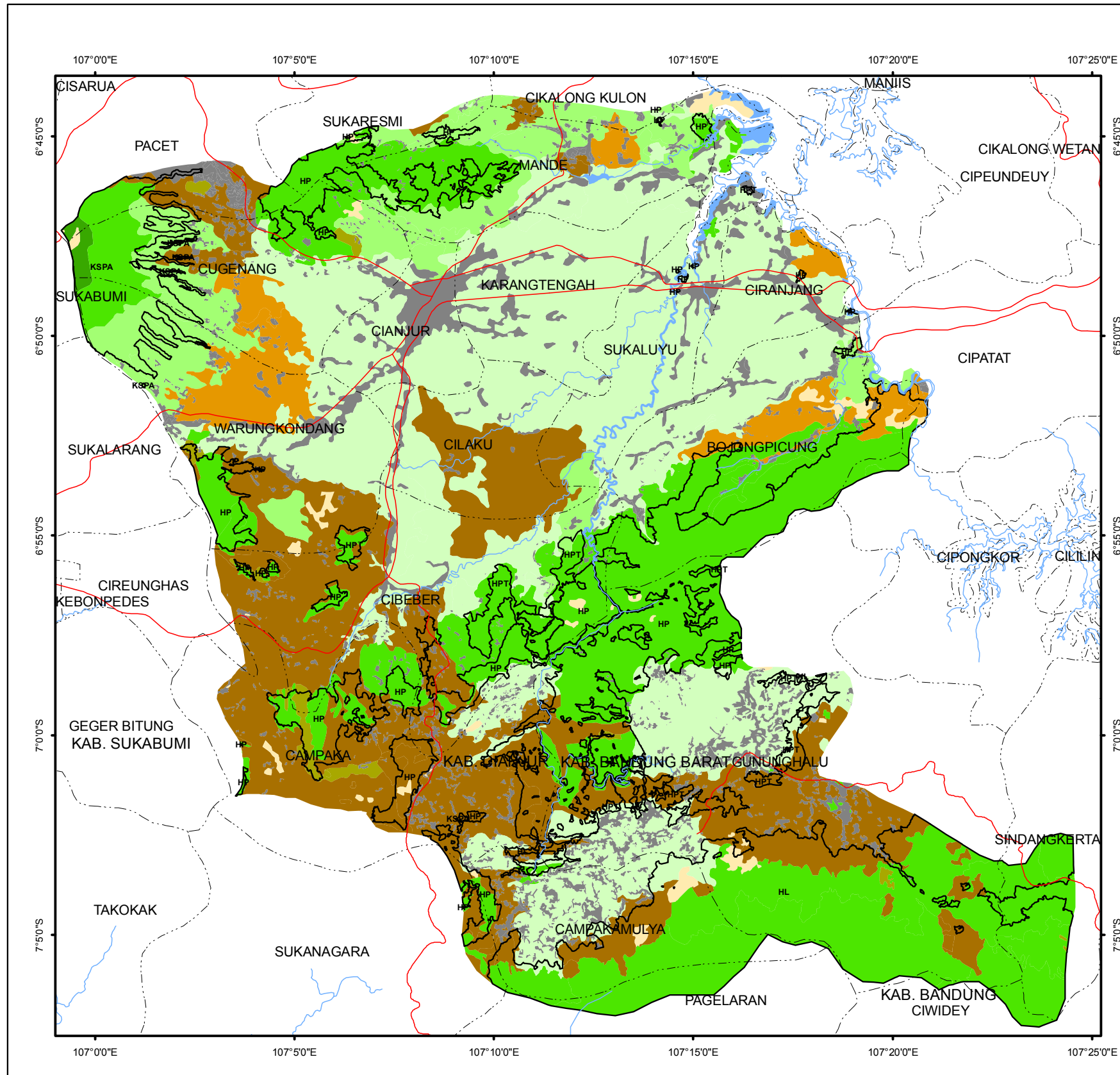


Keterangan : Daerah yang Dipetakan



**MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

PETA 9



PENUTUPAN LAHAN KAWASAN HUTAN TAHUN 2009 SUB DAS CISOKAN PROVINSI JAWA BARAT

Keterangan :

Jalan	Hutan Primer	Pertanian Lahan Kering
Sungai	Hutan Tanaman	Pertanian Lahan Kering Campur
Batas Kecamatan	Perkebunan	Pemukiman
Batas Kabupaten	Semak/Belukar	Tanah Terbuka/kosong
	Sawah	Air

Fungsi Kawasan Hutan

Kawasan Suaka dan Pelestarian Alam	Hutan Produksi
Hutan Lindung	Hutan Produksi Terbatas

Proyeksi : Transverse Mercator Datum : WGS 84
 Sistem Grid : Geografi Zona : 48 Selatan

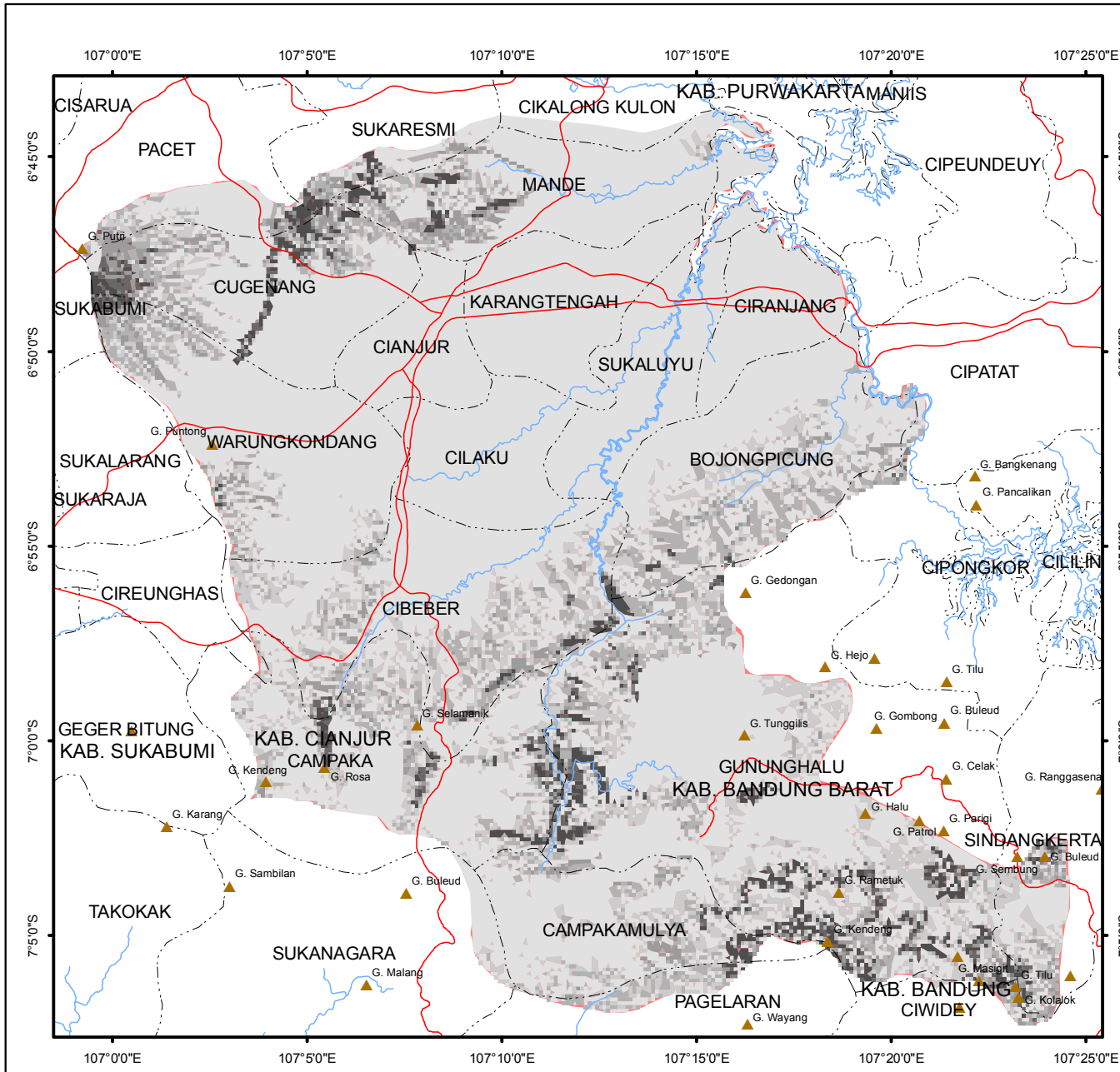
Sumber :

1. Peta sub DAS Jawa, Kementerian Kehutanan skala 1:250.000
2. Peta Administrasi Provinsi Jawa Barat skala 1:250.000
3. Hasil interpretasi Citra Landsat 7 ETM+ pankromatik tahun 2009
4. Lampiran Surat Keputusan (SK) Menteri Kehutanan Nomor 195/Kpts-II/2003 tanggal 4 Juli 2003

Inset :

Keterangan : Daerah yang Dipetakan

**MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO**



CALIBERATE DELIVERY RATIO SUB DAS CISOKAN PROVINSI JAWA BARAT

Keterangan :

<ul style="list-style-type: none"> ▲ Gunung — Jalan — Sungai Batas Kecamatan Batas Kabupaten 	<p style="text-align: center;">Caliberate Delivery Index</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <div style="background-color: #cccccc; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 0 - 5 <div style="background-color: #a9a9a9; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 6 - 10 <div style="background-color: #808080; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 11 - 20 <div style="background-color: #646464; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 21 - 30 </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <div style="background-color: #404040; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 31 - 40 <div style="background-color: #202020; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 41 - 50 <div style="background-color: #000000; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> >50 </td> </tr> </table>	<div style="background-color: #cccccc; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 0 - 5 <div style="background-color: #a9a9a9; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 6 - 10 <div style="background-color: #808080; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 11 - 20 <div style="background-color: #646464; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 21 - 30	<div style="background-color: #404040; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 31 - 40 <div style="background-color: #202020; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 41 - 50 <div style="background-color: #000000; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> >50
<div style="background-color: #cccccc; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 0 - 5 <div style="background-color: #a9a9a9; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 6 - 10 <div style="background-color: #808080; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 11 - 20 <div style="background-color: #646464; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 21 - 30	<div style="background-color: #404040; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 31 - 40 <div style="background-color: #202020; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> 41 - 50 <div style="background-color: #000000; width: 20px; height: 10px; margin: 2px;"></div> >50		

Proyeksi : Transverse Mercator Datum : WGS 84
 Sistem Grid : Geografi Zona : 48 Selatan

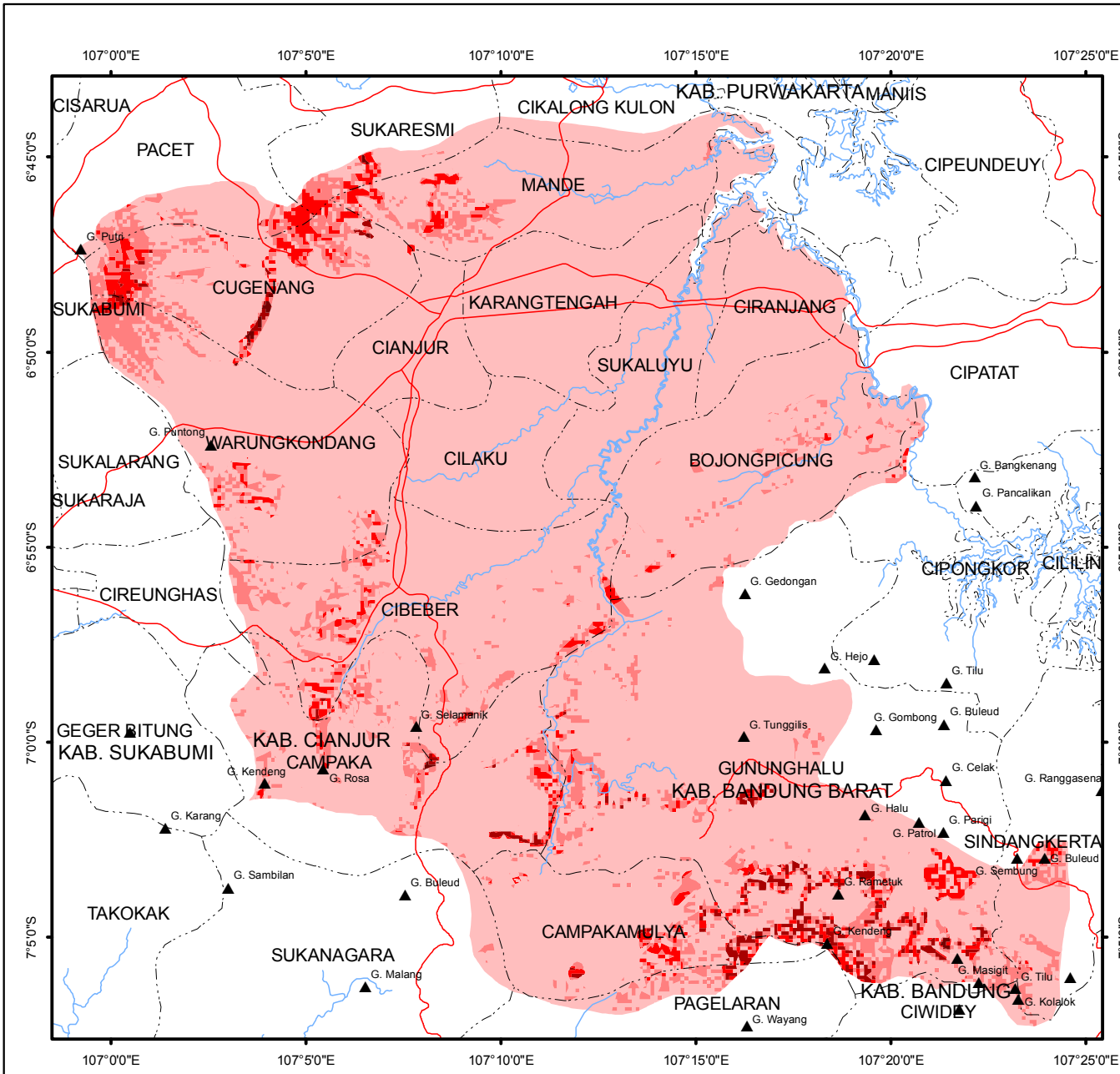
Sumber :

1. Peta sub DAS Jawa, Kementerian Kehutanan skala 1:250.000
2. Peta Dasar Tematik Kehutanan skala 1:250.000
3. Peta Administrasi Provinsi Jawa Barat skala 1:250.000
4. Kelas keterangan, erosivitas hujan, Digital Elevation Model hasil pengolahan data

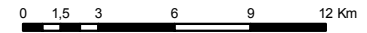
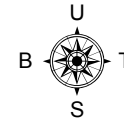
Inset :

Keterangan : Daerah yang Dipetakan

**MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO**



**TINGKAT EROSI (MODEL CALSITE) TAHUN 2000
SUB DAS CISOKAN PROVINSI JAWA BARAT**



Keterangan :

- | | |
|-----------------------|----------------------------------|
| ▲ Gunung | Tingkat Erosi |
| — Jalan | Normal (<15 ton/ha/tahun) |
| — Sungai | Ringan (15 – 60 ton/ha/tahun) |
| - - - Batas Kecamatan | Moderat (60 – 180 ton/ha/tahun) |
| - - - Batas Kabupaten | Berat (180 – 480 ton/ha/tahun) |
| | Sangat Berat (>480 ton/ha/tahun) |

Proyeksi : Transverse Mercator Datum : WGS 84
Sistem Grid : Geografi Zona : 48 Selatan

Sumber :

1. Peta sub DAS Jawa, Kementerian Kehutanan skala 1:250.000
2. Peta Dasar Tematik Kehutanan skala 1:250.000
3. Peta Administrasi Provinsi Jawa Barat skala 1:250.000
4. Pengolahan data

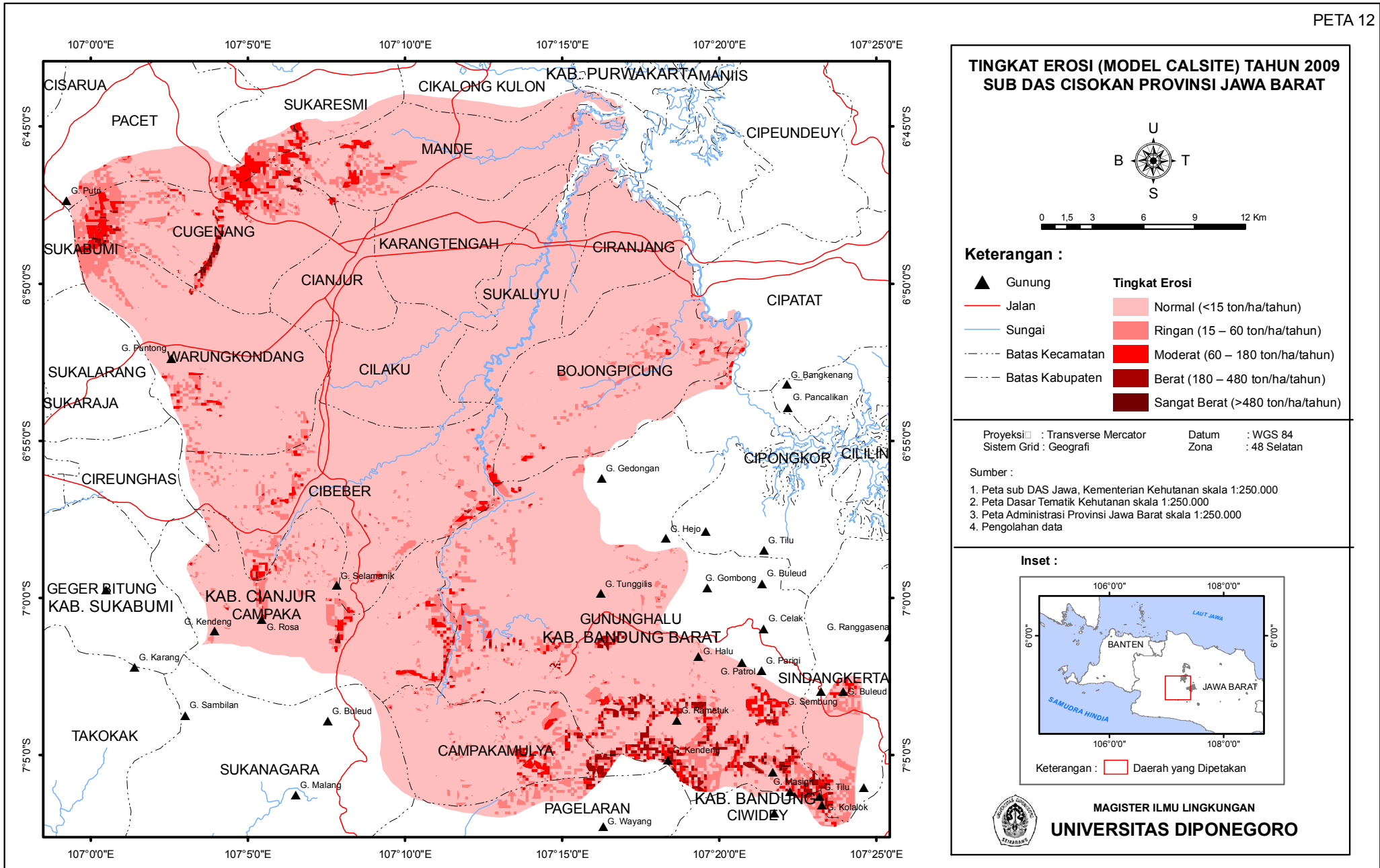
Inset :

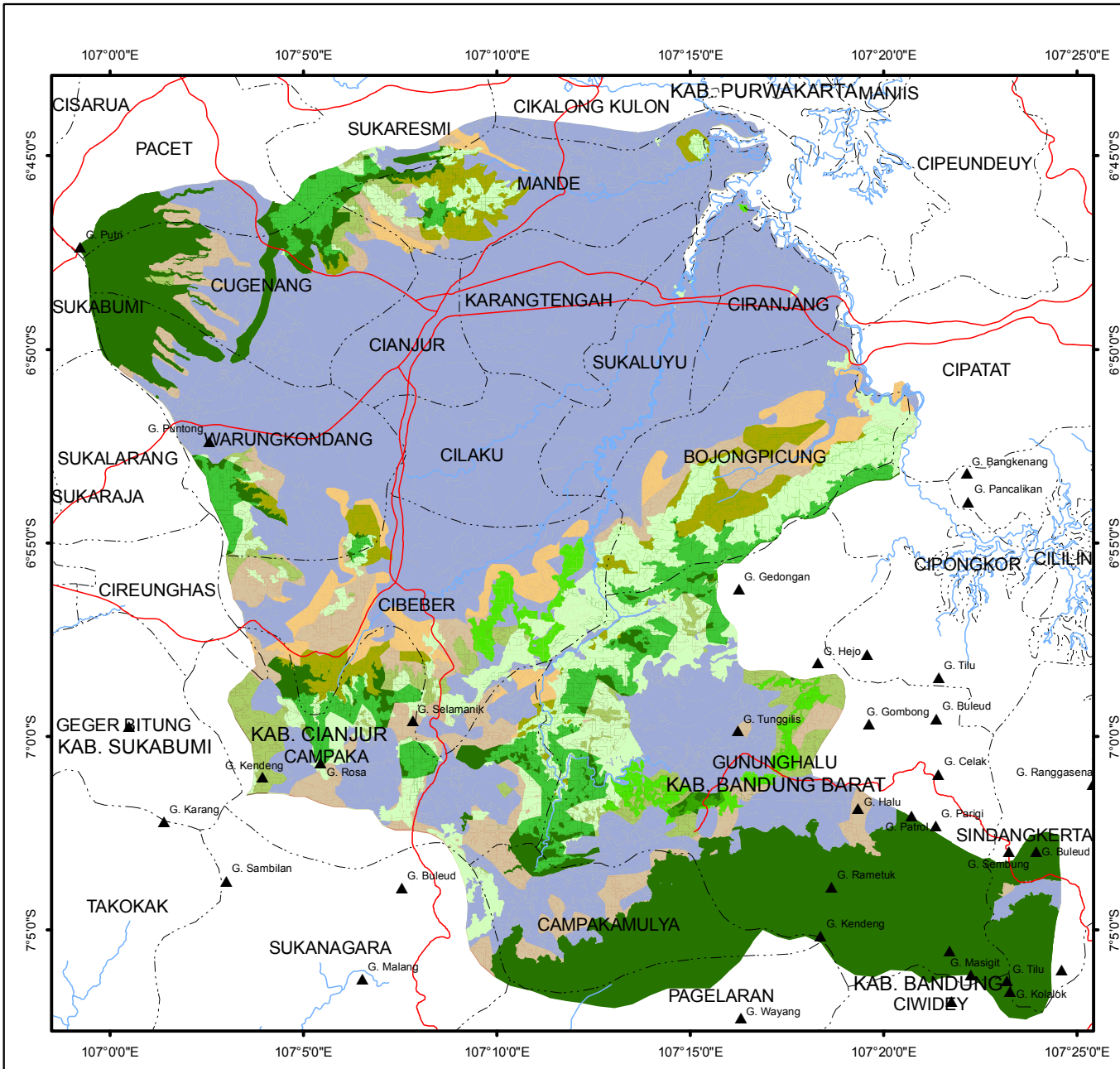


Keterangan : □ Daerah yang Dipetakan



**MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO**





ALTERNATIF PENUTUPAN LAHAN SUB DAS CISOKAN PROVINSI JAWA BARAT

Keterangan :

▲ Gunung	■ Hutan Produksi Terbatas
— Jalan	■ Hutan Produksi
— Sungai	■ Tahunan sistem agroforestry, intercropping semusim lahan kering
- - - Batas Kecamatan	■ Tanaman tahunan ditanam menurut kontur
- - - Batas Kabupaten	■ Tanaman semusim lahan kering intercropping tanaman tahunan
■ Kawasan konservasi, kawasan lindung	■ Tanaman semusim lahan kering
■ Hutan Produksi Terbatas (fungsi lindung)	■ Pertanian semusim lahan basah
■ Hutan Produksi (fungsi lindung)	

Proyeksi : Transverse Mercator Datum : WGS 84
Sistem Grid : Geografi Zona : 48 Selatan

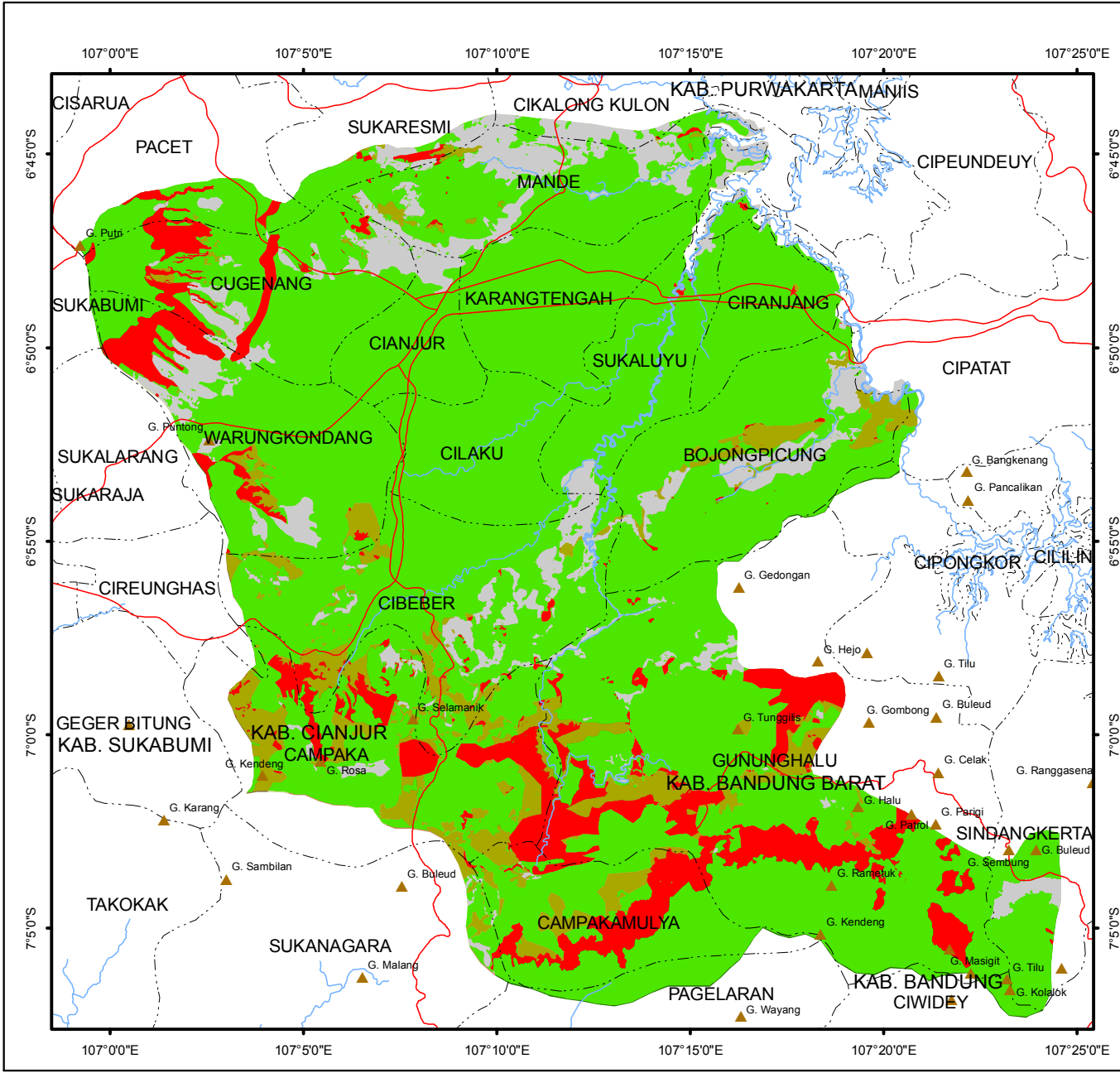
Sumber :

1. Peta sub DAS Jawa, Kementerian Kehutanan skala 1:250.000
2. Peta Dasar Tematik Kehutanan skala 1:250.000
3. Peta Administrasi Provinsi Jawa Barat skala 1:250.000
4. Pengolahan data

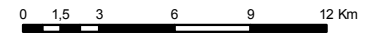
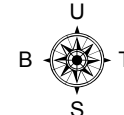
Inset :

Keterangan : □ Daerah yang Dipetakan

**MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO**



**KESESUAIAN PENUTUPAN LAHAN TERHADAP
ANALISIS ALTERNATIF PENUTUPAN LAHAN
SUB DAS CISOKAN PROVINSI JAWA BARAT**



Keterangan :

- ▲ Gunung
- Jalan
- Sungai
- - - Batas Kecamatan
- - - Batas Kabupaten
- Sesuai
- Sesuai bersyarat
- Tidak sesuai
- Tidak diperhitungkan

Proyeksi : Transverse Mercator Datum : WGS 84
Sistem Grid : Geografi Zona : 48 Selatan

Sumber :

1. Peta sub DAS Jawa, Kementerian Kehutanan skala 1:250.000
2. Peta Dasar Tematik Kehutanan skala 1:250.000
3. Peta Administrasi Provinsi Jawa Barat skala 1:250.000
4. Pengolahan data

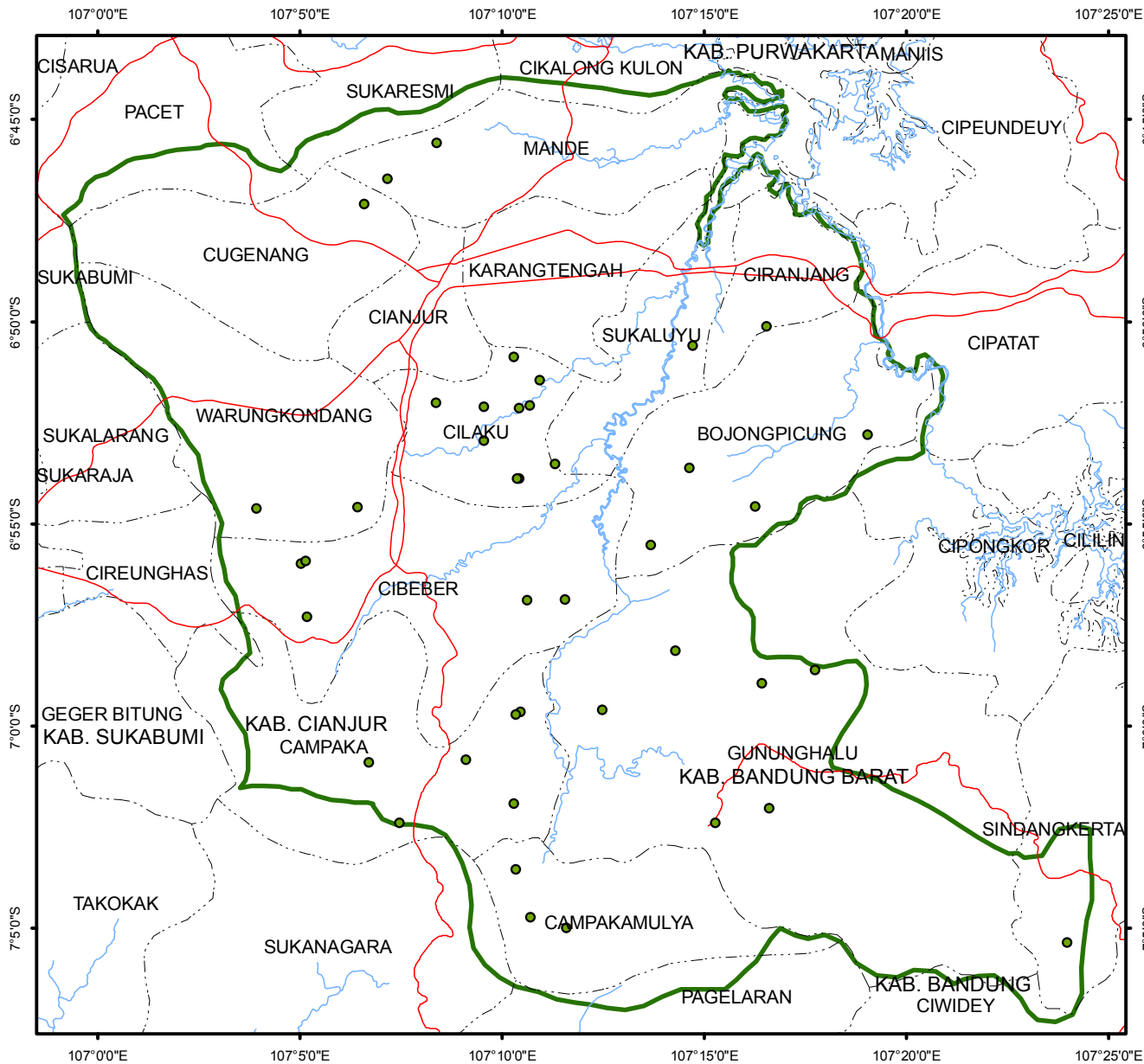
Inset :



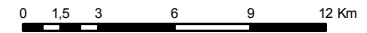
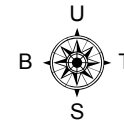
Keterangan : □ Daerah yang Dipetakan



**MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO**



GERAKAN NASIONAL REHABILITASI HUTAN DAN LAHAN PADA SUB DAS CISOKAN PROVINSI JAWA BARAT



Keterangan :

- GNRHL
- Jalan
- Sungai
- - - Batas Kecamatan
- - - Batas Kabupaten
- Batas Sub DAS Cisokan

Proyeksi : Transverse Mercator Datum : WGS 84
 Sistem Grid : Geografi Zona : 48 Selatan

Sumber :

1. Peta sub DAS Jawa, Kementerian Kehutanan skala 1:250.000
2. Peta Dasar Tematik Kehutanan, Kementerian Kehutanan skala 1:250.000
3. Peta Administrasi Provinsi Jawa Barat skala 1:250.000
4. Data GNRHL Tahun 2003 dan 2006 Kementerian Kehutanan

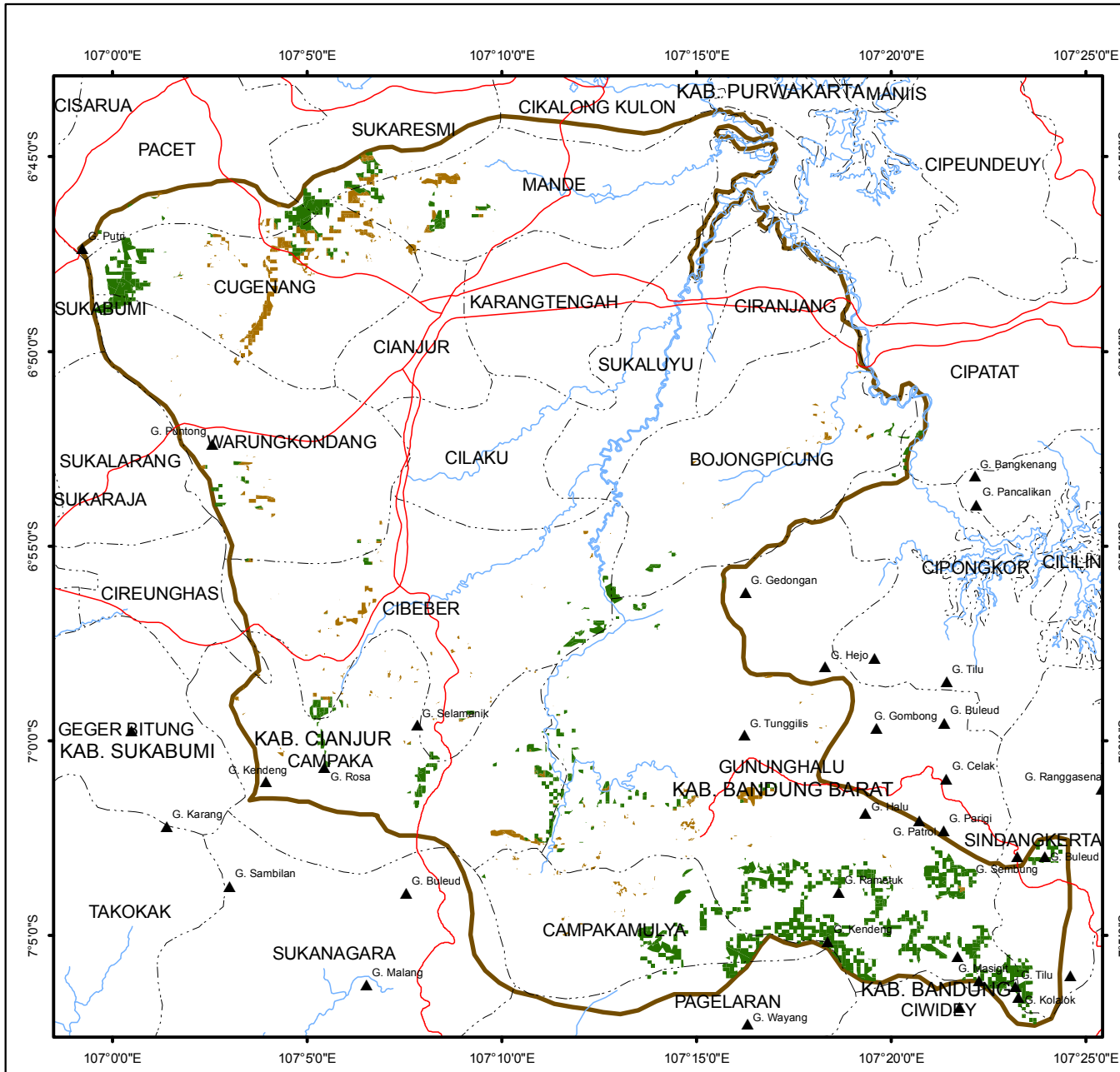
Inset :



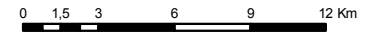
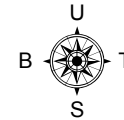
Keterangan : Daerah yang Dipetakan



MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO



USULAN PENGELOLAAN UNTUK MENGURANGI TINGKAT EROSI TANAH SUB DAS CISOKAN PROVINSI JAWA BARAT



Keterangan :

- ▲ Gunung
- Jalan
- Sungai
- - - Batas Kecamatan
- - - Batas Kabupaten
- ▭ Batas Sub DAS Cisokan
- Usulan Pengelolaan**
- ▭ Reboisasi dan Penghijauan
- ▭ Sistem Pertanian Agroforestri

Proyeksi : Transverse Mercator Datum : WGS 84
 Sistem Grid : Geografi Zona : 48 Selatan

Sumber :

1. Peta sub DAS Jawa, Kementerian Kehutanan skala 1:250.000
2. Peta Dasar Tematik Kehutanan skala 1:250.000
3. Peta Administrasi Provinsi Jawa Barat skala 1:250.000
4. Pengolahan data

Inset :



Keterangan : ▭ Daerah yang Dipetakan



**MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
 UNIVERSITAS DIPONEGORO**