



UNIVERSITAS INDONESIA

**Pendugaan Laju Erosi dan Hasil Sedimen Model GeoWEPP serta
Kaitannya dengan Bentuk DAS di Daerah Aliran Ci Lember**

SKRIPSI

**SATRIO NUGROHO
0806454014**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN GEOGRAFI
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**Pendugaan Laju Erosi dan Hasil Sedimen Model GeoWEPP serta
Kaitannya dengan Bentuk DAS di Daerah Aliran Ci Lember**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

SATRIO NUGROHO

0806454014

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

DEPARTEMEN GEOGRAFI

DEPOK

JULI 2012

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Satrio Nugroho

NPM : 0806454014

Tanda Tangan : 



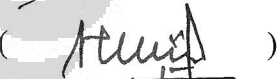

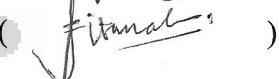
Tanggal : 3 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Satrio Nugroho
NPM : 0806454014
Program Studi : Geografi
Judul Skripsi : Pendugaan Laju Erosi dan Hasil Sedimen Model
GeoWEPP serta Kaitannya dengan Bentuk DAS di
Daerah Aliran Ci Lember

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Sarjana Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang (Penguji I) : Dr.rer.nat. Eko Kusratmoko, MS ()
Pembimbing I : Drs.Sobirin, M.Si ()
Pembimbing II : Drs.Supriatna, M.T ()
Penguji II : Dr.Ir Tarsoen Waryono, MS ()
Penguji III : Drs.Frans Sitanala, MS ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 3 Juli 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Geografi pada Departemen Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

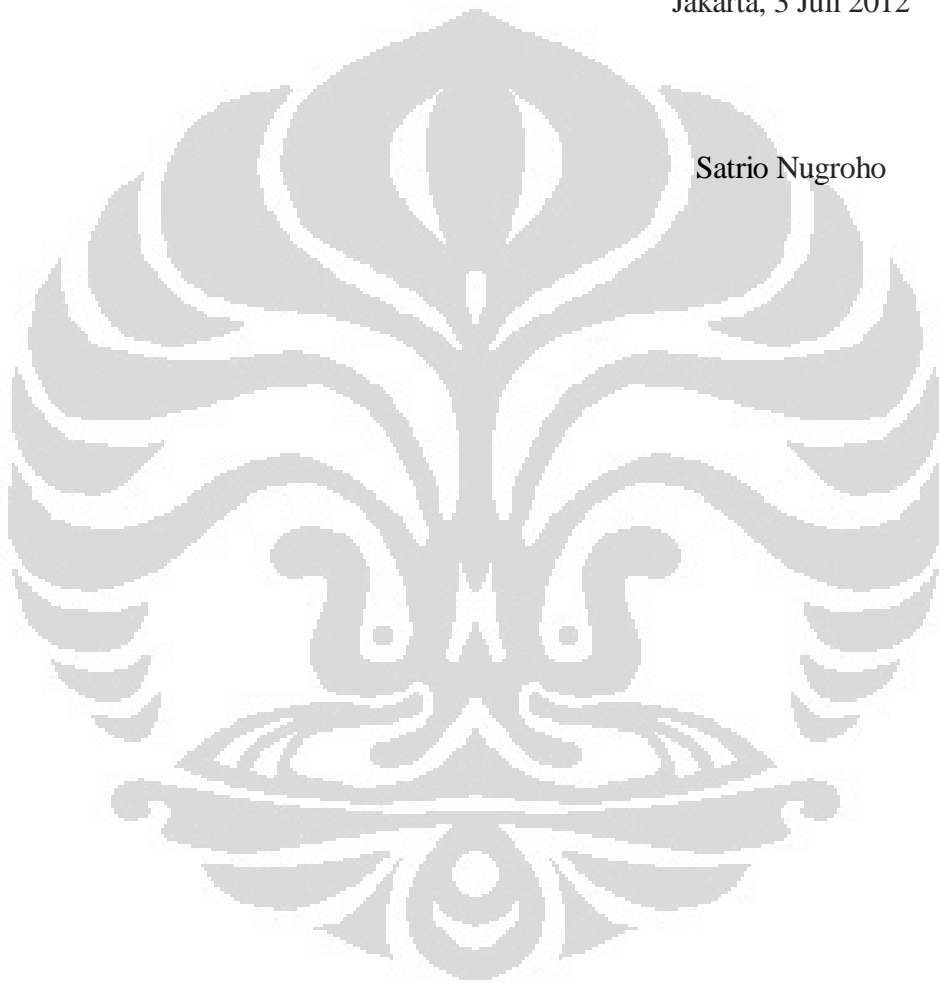
Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Bapak Drs.Sobirin, M.Si dan Drs.Supriatna, M.T, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Bapak Dr.Ir.Tarsoen Waryono, M.S selaku pembimbing akademis yang telah berjasa dalam mengarahkan dari awal hingga akhir masa perkuliahan saya;
- (3) Bapak Rinto staff BMKG yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data iklim yang sedemikian banyak yang saya perlukan;
- (4) Ibunda dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (5) Mas Ichwan Dwi Pratomo yang telah berjasa dalam mengajari saya tentang model erosi WEPP;
- (6) Baried Izhom, Yudhistira S.P, Bagus Andriono dan Wahid N.A serta sahabat-sahabat seperjuangan lain karena telah setia menjadi teman berjuang selama 8 semester ini;
- (7) Dedi Koesbiantoro karena telah berjasa dalam membantu proses pencarian Data di Lapang;
- (8) Rizki Bakhtiar karena telah membantu dalam penggunaan *software* Arc.View;
- (9) Meiyani Nurhayati atas semangat dan dorongannya dalam proses perkuliahan saya selama ini, serta;
- (10) Sahabat-sahabat Geografi Angkatan 2008 dan teman-teman lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 3 Juli 2012

Satrio Nugroho



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Satrio Nugroho
NPM : 0806454014
Program Studi : Geografi
Departemen : Geografi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

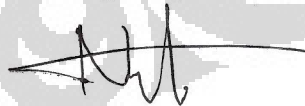
Pendugaan Laju Erosi dan Hasil Sedimen Model GeoWEPP serta Kaitannya dengan Bentuk DAS di Daerah Aliran Ci Lember

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 3 Juli 2012

Yang menyatakan



(Satrio Nugroho)

ABSTRAK

Nama : Satrio Nugroho
Program Studi : Geografi
Judul : Pendugaan laju erosi dan hasil sedimen model GeoWEPP serta kaitannya dengan bentuk DAS di Daerah Aliran Ci Lember

Di daerah tropik basah seperti Indonesia, erosi adalah salah satu faktor yang cukup dominan dalam menurunkan produktivitas lahan. Mengetahui besarnya erosi baik potensial maupun aktual sangat penting untuk merencanakan pembangunan pertanian dan kegiatan konservasi. Mengukur erosi pada skala yang luas dengan keadaan yang beragam, selain sangat sulit juga memerlukan waktu yang lama dan biaya yang mahal. Oleh karena itu prediksi erosi adalah salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengetahui bahaya erosi. Metode prediksi erosi yang digunakan adalah metode *Geospatial of Water Erosion Prediction Project* (GeoWEPP). Besaran erosi dan hasil sedimen hasil simulasi GeoWEPP adalah sebesar 18543,7 ton/tahun atau 41,3 ton/ha/tahun untuk erosi dan untuk laju hasil sedimen adalah sebesar 124,7 ton/ha/tahun. Hasil korelasi statistik dengan metode *pearson product momen* didapatkan bahwa rasio memanjang DAS tidak memiliki hubungan signifikan terhadap besaran erosi dan hasil sedimennya, sedangkan untuk rasio membulat DAS terdapat hubungan signifikan dengan besaran laju erosi dan hasil sedimen dengan perbandingan terbalik yaitu semakin besar rasio membulat semakin kecil besaran laju erosi dan hasil sedimennya. Berdasarkan titik elevasi yang diamati, Tingkat bahaya erosi di DA Ci Lember berdasarkan model GeoWEPP didapatkan pola yang mirip dengan wilayah ketinggian terutama pada perhitungan Sub-DAS ordo 1.

Kata Kunci : laju erosi, GeoWEPP, Tingkat Bahaya Erosi, Ci Liwung Hulu, Ci Lember
xii+70 halaman : 16 gambar; 10 tabel, 8 diagram, 15 peta
Daftar Pustaka : 28 (1983-2011)

ABSTRACT

Nama : Satrio Nugroho
Major : Geography
Title : Prediction of Erosion Rate and Sediment Yield Using GeoWEPP model and it Correlation with Shape of Watershed in Ci Lember Watershed

In the tropical region such as Indonesia, erosion is the one of the dominant factors for decreasing of land productivity. Knowing the rate of factual and actual erosion is important for development planning of agriculture and conservation activity. Measuring the rate of erosion in a wide scale with variety condition is very difficult matters and need more time. Therefore, prediction of the erosion rate activity could solve this problems. Predicting of the erosion rate methods which use in this research is Geospatial of Water Erosion Prediction Project (GeoWEPP). Output from GeoWEPP method in Ci Lember Watershed for erosion rate is 18543,7 ton/year or 41,3 ton/ha/year and sediment yield is 124,7 ton/ha/year. The results of statistical correlation with Pearson Product Moment method shows that the ratio of elongated watershed has no significant relationship to amount of erosion and the sediment yield, while the ratio of rounded of watershed have significant relationship with sediment yield rate and erosion rate with reversed ratio. Based on the observed elevation point, the danger level of erosion have a similar pattern to the altitude region.

Keyword : rate of erosion, danger level of erosion, GeoWEPP, Ci Liwung Hulu, Ci Lember
xii+70 pages ; 16 pictures; 10 tables, 8 diagrams, 15 map
Daftar Pustaka : 31 (1983-2011)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR DIAGRAM	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR PETA.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pertanyaan Penelitian	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Pengertian dan Batasan Penelitian	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Daerah Aliran Sungai.....	5
2.2 Erosi.....	8
2.2.1 Jenis erosi.....	10
2.2.2 Proses terjadinya erosi.....	13
2.2.3 Tingkat Bahaya Erosi.....	15
2.2.4 Dampak yang ditimbulkan erosi.....	16
2.2.5 Model pendugaan erosi.....	16
2.3 Pendekatan GeoWEPP dalam pendugaan erosi.....	19
3. METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Pendekatan Studi.....	23
3.2 Variabel Penelitian.....	24
3.3 Pengumpulan Data.....	24
3.4 Pengolahan Data.....	26
3.5 Analisis Data.....	31
4. GAMBARAN UMUM DAERAH PENELITIAN.....	34
4.1 Letak Geografis dan Luas.....	34
4.2 Topografi.....	39
4.2.1 Ketinggian.....	39
4.2.2 Lereng.....	41
4.3 Iklim.....	43
4.4 Jenis Tanah dan Penggunaan Tanah	43

5. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	48
5.1 Kondisi iklim hasil pengolahan metode Cligen.....	48
5.2 Distribusi laju erosi dan hasil sedimen.....	52
5.3 Distribusi Tingkat Bahaya Erosi.....	58
5.4 Kaitan rasio bentuk DAS terhadap besaran erosi dan hasil sedimen.....	64
5.4.1 Kaitan rasio memanjang DAS terhadap besaran erosi dan Hasil Sedimen.....	64
5.4.2 Kaitan rasio membulat DAS terhadap besaran erosi dan Hasil Sedimen.....	64
5.5 Perbandingan besaran pendugaan erosi GeoWEPP Ci Lember dengan berbagai penghitungan erosi.....	65
6. KESIMPULAN	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR DIAGRAM

Diagram 2.1 Alur Pikir Penelitian.....	23
Diagram 2.2 Alur Kerja Penelitian.....	33
Diagram 5.1 Grafik Radiasi Matahari.....	49
Diagram 5.2 Grafik Suhu Maksimum.....	49
Diagram 5.3 Grafik Suhu Minimum.....	50
Diagram 5.4 Histogram Rata-rata Curah Hujan Bulanan.....	50
Diagram 5.5 Histogram Rata-rata Curah Hujan pada Hari Basah.....	51
Diagram 5.6 Histogram Jumlah Hari Basah.....	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Daerah Aliran Sungai.....	5
Gambar 2.2 Ordo DAS Horton.....	7
Gambar 2.3 Erosi Percik.....	10
Gambar 2.4 Erosi Lembar.....	11
Gambar 2.5 Erosi Alur.....	11
Gambar 2.6 Erosi Parit.....	12
Gambar 2.7 Erosi Tebing Sungai.....	13
Gambar 2.8 Tanah Longsor.....	13
Gambar 2.9 Proses Terjadinya Erosi.....	14
Gambar 3.1 Tampilan Data Tanah <i>WEPPWin</i>	27
Gambar 3.2 Tampilan data Lebar Saluran.....	27

Gambar 3.3	Tampilan data Iklim <i>input Cligen</i>	28
Gambar 3.4	Tampilan <i>Topographic Analysis</i> sebelum terdeliniasi.....	29
Gambar 3.5	Tampilan <i>Topographic Analysis</i> setelah terdeliniasi.....	29
Gambar 4.1	Orientasi Daerah Aliran Ci Lember.....	33
Gambar 5.1	Tampilan iklim hasil pengolahan metode Cligen.....	48

DAFTAR PETA

Peta.1	Administrasi Daerah Aliran Ci Lember.....	36
Peta.2	Sub-DAS Ordo 1 Daerah Aliran Ci Lember.....	37
Peta.3	Sub-DAS Ordo 2 Daerah Aliran Ci Lember.....	38
Peta.4	Wilayah Ketinggian Daerah Aliran Ci Lember.....	40
Peta.5	Wilayah Lereng Daerah Aliran Ci Lember.....	42
Peta.6	Penggunaan Tanah Daerah Aliran Ci Lember.....	46
Peta.7	Jenis Tanah Daerah Aliran Ci Lember.....	47
Peta.8	Laju Erosi Sub-DAS Ordo 1 Daerah Aliran Ci Lember.....	53
Peta.9	Laju Hasil Sedimen Daerah Sub-DAS Ordo 1 Daerah Aliran Ci Lember.....	54
Peta.10	Laju Erosi Sub-DAS Ordo 2 Daerah Aliran Ci Lember.....	56
Peta.11	Laju Hasil Sedimen Daerah Sub-DAS Ordo 2 Daerah Aliran Ci Lember.....	57
Peta.12	Tingkat Bahaya Erosi Sub-DAS Ordo 1 Daerah Aliran Ci Lember.....	59
Peta.13	Overlay Tingkat Bahaya Erosi (TBE) Sub-DAS Ordo 1 dengan Wilayah Ketinggian.....	60
Peta.14	Tingkat Bahaya Erosi Sub-DAS Ordo 2 Daerah Aliran Ci Lember.....	62
Peta.15	Overlay Tingkat Bahaya Erosi (TBE) Sub-DAS Ordo 2 dengan Wilayah Ketinggian.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kriteria Tingkat Bahaya Erosi.....	15
Tabel 3.1	Pengambilan Sampel Lebar Saluran.....	25
Tabel 3.2	Lebar Saluran DA Ci Lember.....	26
Tabel 3.3	Konversi Penggunaan Tanah Klasifikasi USGS.....	29
Tabel 4.1.	Luasan Subdas Ordo 1.....	34
Tabel 4.2.	Luasan Subdas Ordo 2.....	34
Tabel 4.3	Luasan Wilayah Ketinggian.....	39
Tabel 4.4	Prosentase Wilayah Lereng.....	41
Tabel 4.5	Luasan dan Prosentase Penggunaan Tanah.....	44
Tabel 5.1	Indeks dan Kriteria TBE Subdas Ordo 1.....	58
Tabel 5.2	Indeks dan Kriteria TBE Subdas Ordo 2.....	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Isu mengenai alih fungsi lahan di daerah aliran Ci Liwung bagian hulu memang tidak dapat terbantahkan lagi, fungsi hutan yang tampaknya sudah tergusur oleh penggunaan tanah yang lain menjadi fokus utama. Perubahan tersebut tampaknya akan membuat perubahan pada besar laju erosi, mengingat penggunaan tanah merupakan salah satu fungsi dari besarnya laju erosi. Daerah aliran Ci Lember yang merupakan sub daerah aliran Ci Liwung bagian hulu menjadi lokasi yang menarik untuk diadakan penelitian karena perubahan penggunaan tanahnya yang cukup nyata karena mengingat daerah aliran Ci Lember terdapat obyek wisata yang menarik yaitu keberadaan *curug-curugnya* (air terjun) yang menjadi daya tarik tersendiri bagi wisatawan. Peningkatan penduduk perkotaan tampaknya juga berpengaruh terhadap cepatnya alih fungsi lahan di daerah ini karena penduduk kota yang cenderung mencari tempat wisata bertemakan alam dan mencari iklim yang sejuk, hal ini diperkuat oleh lokasi Cilemer relatif dekat dengan wilayah perkotaan seperti Jakarta, Depok, Tangerang, Bekasi dan Bandung ditambah dari segi transportasi yang juga sangat memadai. Peningkatan tersebut diikuti dengan peningkatan kebutuhan akan akomodasi seperti penginapan dan penggunaan lahan lain mengharuskan membuka lahan baru yang seharusnya menjadi lahan konservasi.

Erosi adalah suatu proses dimana tanah dihancurkan (*detached*) dan kemudian dipindahkan (*transported*) ke tempat lain oleh kekuatan air, angin, sungai atau gravitasi (Suripin, 2002). Empat faktor utama yang dianggap terlibat dalam proses erosi adalah iklim, sifat tanah, topografi dan vegetasi penutup lahan. Oleh Wischmeier dan Smith (1969) keempat faktor tersebut dimanfaatkan sebagai dasar untuk menentukan besarnya erosi tanah melalui persamaan umum yang kemudian lebih dikenal dengan sebutan persamaan universal kehilangan tanah *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Pada tahun 1989 muncul pendugaan erosi baru yang menitik beratkan pada gerakan air dalam erosi tanah yaitu *Water Erosion Prediction Project* (WEPP) oleh Nearing dan mulai dikembangkan, hingga muncul dengan *software* sebagai ekstensi dari Arc.View yang bernama

Geospatial of Water Erosion Prediction Project (GeoWEPP), konsep yang digunakan sama dengan WEPP, perbedaannya pada penggunaan perangkat komputer untuk memodelkan pendugaan erosi tersebut. Nearing mengungkapkan bahwa salah satu keunggulan dari GeoWEPP adalah selain dapat menaksir erosi (kajian *in-site*) juga dapat menduga hasil sedimen yaitu material hasil sedimen yang terbawa pada saluran-saluran DAS (kajian *off-site*) sehingga dapat diketahui apakah dampak yang terjadi akibat proses erosi terhadap suatu DAS dan wilayah luarnya. Hasil dari model GeoWEPP nantinya akan direlevansikan dengan hasil penghitungan besaran erosi instansi terkait, untuk diketahui seberapa besar perbedaannya, untuk mengevaluasi apakah model GeoWEPP dapat digunakan di Indonesia.

Berdasarkan hasil lokakarya Penetapan Kriteria Lahan Kritis yang dilaksanakan oleh Direktorat Rehabilitasi dan Konservasi Tanah pada 17 Juni 1997 dan 23 Juli 1997 bentuk DAS memiliki pengaruh terhadap besaran erosinya, menurutnya DAS dengan bentuk memanjang adalah wilayah kikisan sehingga erosi yang terjadi menjadi lebih besar. Berdasar pada pendapat hasil lokakarya tersebut penelitian ini juga untuk membuktikan apakah benar ada hubungan antara bentuk DAS dengan besaran laju erosinya. Pada dasarnya secara kuantitatif rasio bentuk dari DAS dapat dihitung, yang sudah banyak dikenal adalah rasio memanjang dan rasio membulat DAS sebagai bagian dari bahasan morfometri DAS. Dari hasil model GeoWEPP penulis mencoba menghubungkan antara besaran erosi dan hasil sedimen dengan rasio bentuk DAS yang terdapat di daerah aliran Ci Lember.

1.2 Pertanyaan Penelitian

Adapun pertanyaan penelitian yang menjadi kajian dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana persebaran laju erosi dan hasil sedimen berdasarkan hasil model GeoWEPP ?
2. Adakah kaitan besaran erosi dan hasil sedimen GeoWEPP dengan bentuk DASnya ?

3. Bagaimana pola Tingkat Bahaya Erosi yang didapatkan dari hasil klasifikasi besaran laju erosi model GeoWEPP?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mencoba mengaplikasikan model pendugaan erosi dan hasil sedimen GeoWEPP. Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui apakah ada hubungan antara besaran erosi dengan wilayah ketinggian dan besaran erosi dan hasil sedimen terhadap rasio bentuk suatu DAS.

1.4 Pengertian dan Batasan Penelitian

1. Erosi adalah suatu proses dimana tanah dihancurkan (*detached*) dan kemudian dipindahkan (*transported*) ke tempat lain oleh kekuatan air, angin, sungai atau gravitasi.
2. Besaran laju erosi dan hasil sedimen dalam penelitian ini adalah ton/ha/tahun.
3. Pendugaan erosi dari sebidang tanah adalah metode untuk memperkirakan laju erosi yang akan terjadi dari tanah yang dipergunakan dalam penggunaan lahan dan pengelolaan tertentu.
4. Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat diartikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit-bukit atau gunung, maupun batas buatan seperti jalan atau tanggul, dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol (*outlet*).
5. DAS yang dimaksud dalam penelitian ini adalah sub Sub-DAS dari Daerah Aliran Ci Liwung sebagai DAS utama.
6. Unit analisis dalam penelitian ini adalah Sub-DAS yang ada di DA Ci Lember.
7. Kajian *off-site* menunjukkan hasil sedimen yang masuk ke sungai dari masing-masing lereng yang terbawa ke saluran (hasil sedimen), kajian *off-site* diperhitungkan untuk mengetahui dampak erosi untuk daerah luarnya misalnya pendangkalan waduk, penurunan kualitas air, banjir dan sebagainya.

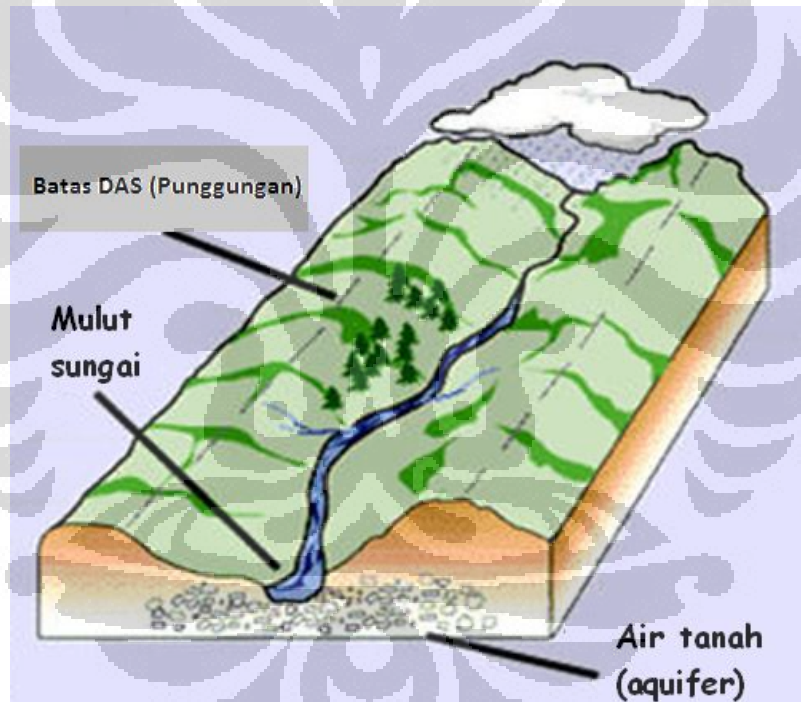
8. Kajian *in-site* menunjukkan kehilangan tanah dari masing-masing lereng (erosi), kajian *in-site* diperhitungkan untuk mengetahui dampak erosi terhadap DAS tersebut misalnya hilangnya kesuburan tanah.
9. Pola tingkat bahaya erosi dalam penelitian ini adalah pola yang didapatkan dari hasil *overlay* antara tingkat bahaya erosi dengan wilayah ketinggian.
10. Tingkat bahaya erosi merupakan tingkat ancaman kerusakan yang diakibatkan oleh erosi pada suatu lahan. Erosi akan menjadi bencana apabila laju erosi lebih cepat daripada laju pembentukan tanah sehingga berangsur-angsur dapat menipiskan tanah.
11. Sebaran laju erosi dan hasil sedimen pada penelitian ini tidak mengkaji mengenai proses terjadinya erosi namun sebaran didapat dari perbedaan dan persamaan besaran laju erosi dan hasil sedimen hasil model GeoWEPP.
12. Ordo sungai adalah nomor urut setiap segmen sungai terhadap sungai induknya, metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Horton, ordo 1 adalah anak-anak sungai yang letaknya paling ujung dan dianggap sumber mata air pertama dari anak sungai tersebut, segmen pertemuan dari orde yang setingkat merupakan ordo yang satu tingkat di atasnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (DAS) dapat diartikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit-bukit atau gunung, maupun batas buatan seperti jalan atau tanggul, dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik control (*outlet*). Menurut kamus Webster, DAS adalah suatu daerah yang dibatasi oleh pemisah topografi, yang menerima hujan, menampung, menyimpan dan mengalirkannya ke sungai dan seterusnya ke danau atau ke laut.



Gambar 2.1 Daerah Aliran Sungai

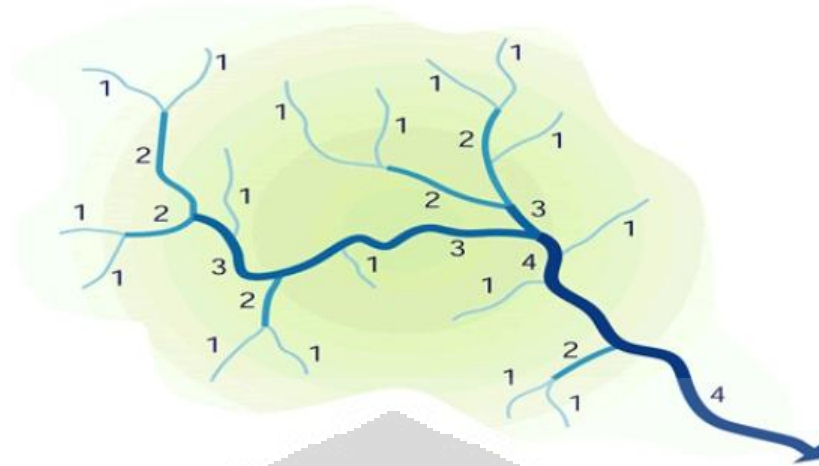
(sumber: Fahmudin Agus dan Widiyanto (2004))

DAS merupakan ekosistem yang terdiri dari unsur utama vegetasi, tanah, air dan manusia dengan segala upaya yang dilakukan di dalamnya. Sebagai suatu ekosistem, di DAS terjadi interaksi antara faktor biotik dan fisik yang menggambarkan keseimbangan masukan dan keluran berupa erosi dan hasil

sedimen (Suripin, 2002). Secara singkat dapat disimpulkan bahwa pengertian DAS adalah sebagai berikut:

- Suatu wilayah daratan yang menampung, menyimpan kemudian mengalirkan air hujan ke laut atau danau melalui satu sungai utama.
- Suatu daerah aliran sungai yang dipisahkan dengan daerah lain oleh pemisah topografis sehingga dapat dikatakan seluruh wilayah daratan terbagi atas beberapa DAS.
- Unsur-unsur utama di dalam suatu DAS adalah sumberdaya alam (tanah, vegetasi dan air) yang merupakan sasaran dan manusia yang merupakan pengguna sumberdaya yang ada.
- Unsur utama (sumberdaya alam dan manusia) di DAS membentuk suatu ekosistem dimana peristiwa yang terjadi pada suatu unsur akan mempengaruhi unsur lainnya.

Kedudukan aliran sungai dapat diklasifikasikan secara sistematis berdasarkan urutan daerah aliran sungai seperti terlihat pada Gambar 2.2 . Pada gambar tersebut, setiap aliran sungai yang tidak bercabang disebut sub-DAS urutan orde pertama. Sungai di bawahnya yang hanya menerima aliran air dari sub-DAS urutan pertama disebut sub-DAS urutan kedua, dan demikian seterusnya. Oleh karenanya, suatu DAS dapat terdiri atas sub-DAS urutan pertama, sub-DAS urutan kedua dan seterusnya. Sistem klasifikasi Horton berawal dari urutan pertama dan selanjutnya meningkat sejalan dengan meningkatnya jumlah percabangan aliran air atau anak-anak sungai. Dengan demikian, semakin besar angka urutan, semakin luas wilayah sub-DAS dan semakin banyak percabangan sungai yang terdapat di dalam DAS yang bersangkutan. (Asdak, 1995)



Gambar 2.2 Ordo DAS menurut Horton
sumber: Asdak (1995)

DAS dianggap sebagai suatu sistem, sebab di dalamnya terdapat beberapa komponen yang saling berintegrasi sehingga membentuk satu kesatuan. Pada DAS, setiap ada masukan ke dalamnya maka dapat dievaluasi proses yang telah dan sedang terjadi dengan cara melihat *output* dari ekosistem tersebut (Asdak, 1995). *Input* berupa curah hujan sedangkan *output* berupa debit aliran atau muatan sedimen. Komponen-komponen ekosistem DAS di kebanyakan daerah di Indonesia terdiri atas manusia, vegetasi, tanah, dan sungai. Hujan yang jatuh di suatu DAS akan mengalami interaksi dengan komponen-komponen ekosistem DAS tersebut, dan pada gilirannya akan menghasilkan keluaran berupa debit, muatan sedimen dan material lainnya yang terbawa oleh aliran sungai (Asdak, 1995).

Menurut Direktorat Rehabilitasi dan Konservasi Tanah bentuk DAS memiliki pengaruh terhadap besaran erosinya, menurutnya DAS dengan bentuk memanjang adalah wilayah kikisan sehingga erosi yang terjadi menjadi lebih besar. Bentuk DAS mempengaruhi waktu konsentrasi air hujan yang mengalir menuju outlet. Semakin bulat bentuk DAS berarti semakin singkat konsentrasi yang diperlukan, sehingga semakin tinggi fluktuasi banjir terjadi. Sebaliknya semakin lonjong bentuk DAS, waktu konsentrasi yang diperlukan semakin lama sehingga fluktuasi banjir semakin rendah. (Asdak, 1995) Bentuk DAS secara kuantitatif dapat diperkirakan dengan menggunakan nilai nisbah memanjang

(rasio memanjang) dan kebulatan (rasio membulat) dihitung dengan persamaan dibawah ini ;

Rasio memanjang DAS dalam hal ini menggunakan formula dari Schumm (Subekti, 2009) yaitu ;

$$Rasio\ Memanjang = \frac{D}{Lb}$$

dengan : D = Diameter lingkaran yang mempunyai luas = luas DAS
(km)

Lb = Panjang sungai utama (km)

Rasio membulat DAS dalam hal ini menggunakan formula dari Miller (Subekti, 2009) yaitu ;

$$Rasio\ Membulat = \frac{A}{Ac}$$

dengan : A = Luas DAS (km²)

Ac = Lingkaran yang mempunyai perimeter = DAS (km²)

Bila besarnya nilai Rc adalah 1 berarti bentuk DAS tersebut adalah lingkaran.

2.2. Erosi

Erosi merupakan pengikisan dan pengangkutan bahan dalam bentuk larutan atau suspensi dari tapak semula oleh pelaku berupa air mengalir (aliran limpas), es bergerak atau angin (Notohadiprawiro, 1998). Sedangkan Arsyad (2000) memberikan batasan erosi sebagai peristiwa berpindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian dari tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami berupa air atau angin (Hardjoamidjojo, 1993). Menurut Rahim (2000) erosi merupakan suatu proses yang terdiri dari penguraian massa tanah menjadi partikel-partikel tunggal dan pengangkutan partikel-partikel tunggal tersebut oleh tenaga erosi. Tenaga yang menyebabkan terjadinya erosi adalah air, angin dan salju. Erosi didefinisikan sebagai peristiwa hilangnya atau terkikisnya bagian tanah dari suatu tempat yang terangkut ke tempat lain, baik disebabkan oleh pergerakan air, angin atau es. Erosi yang paling besar terjadi di Indonesia

adalah erosi air. Erosi disebabkan oleh adanya daya dispersi dan daya transportasi air pada saat turun hujan. Apabila air hujan tidak mampu menghancurkan tanah menjadi butiran-butiran kecil dan otomatis tidak terjadi erosi. Daya dispersi merupakan daya air memisah tanah yang mula-mula dalam bentuk agregat menjadi pecah terdispersi karena adanya tetesan titik-titik air hujan, sehingga menjadi butir-butir yang halus. Daya transportasi merupakan daya angkut bahan yang mengalir, dalam hal ini adalah *runoff*.

Erosi berlangsung secara alamiah (*geological erosion*) yang kemudian berlangsungnya itu dipercepat oleh beberapa tindakan atau perlakuan manusia terhadap tanah dan tanaman yang tumbuh di atasnya (*accelerated erosion*). Pada erosi alamiah tidak menimbulkan malapetaka bagi kehidupan manusia atau keseimbangan lingkungan, karena peristiwa ini banyaknya tanah yang terangkut seimbang dengan pembentukan tanah, sedang pada erosi yang dipercepat dapat disebabkan karena kegiatan manusia, kebanyakan disebabkan oleh terkelupasnya lapisan tanah bagian atas akibat cara bercocok tanam yang tidak mengindahkan kaidah-kaidah konservasi. Usaha pertanian pada umumnya tidak ada yang hasilnya memperlambat laju erosi alam bahkan sebaliknya mempercepat laju erosi dan sudah dapat dipastikan banyak menimbulkan kerugian kepada manusia seperti longsor, banjir, turunnya produktivitas tanah. Pada peristiwa erosi yang dipercepat, volume pernghanyutan tanah atau laju erosi lebih besar dibandingkan dengan pembentukan tanah, sehingga penipisan lapisan tanah akan berlangsung terus dan pada akhirnya dapat melenyapkan atau terangkutnya lapisan tersebut (Kartasapoetra dkk, 1991).

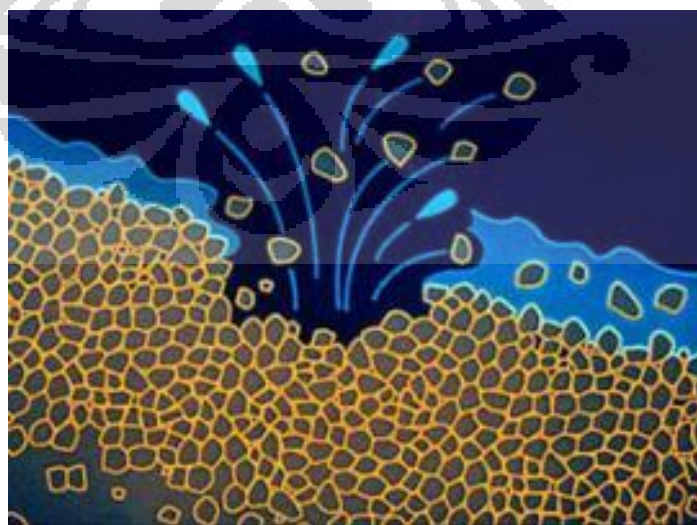
Dua penyebab utama terjadinya erosi adalah erosi karena sebab alamiah dan erosi karena aktivitas manusia. Erosi alamiah dapat terjadi karena proses pembentukan tanah dan proses erosi yang terjadi untuk mempertahankan keseimbangan tanah secara alami. Erosi karena faktor alamiah umumnya masih memberikan media yang memadai untuk berlangsungnya pertumbuhan kebanyakan tanaman. Sedangkan erosi karena kegiatan manusia kebanyakan disebabkan oleh terkelupasnya lapisan tanah bagian atas akibat cara bercocok tanam yang tidak mengindahkan kaidah-kaidah konservasi tanah atau kegiatan pembangunan yang bersifat merusak keadaan fisik tanah (Asdak, 1995). Erosi

secara alamiah dapat dikatakan tidak menimbulkan masalah yang signifikan bagi kehidupan manusia atau keseimbangan lingkungan. Erosi yang terjadi secara alamiah tidak menimbulkan kerugian yang besar, karena besarnya partikel-partikel tanah yang terangkut seimbang dengan besarnya tanah yang terbentuk di tempat yang lebih rendah. Sedangkan erosi yang dipercepat karena tindakan manusia banyak menimbulkan masalah-masalah serius terhadap kehidupan manusia dan keseimbangan lingkungan. Erosi yang dipercepat oleh tindakan manusia dapat menimbulkan kerusakan lingkungan yang membawa kerugian besar, seperti produktifitas tanah yang menjadi berkurang dan ancaman bencana alam yang diakibatkan oleh proses erosi.

2.2.1 Jenis Erosi

Penyebab utama terjadinya erosi adalah air terutama dari air hujan. Pukulan air hujan merupakan fase awal mekanisme terjadinya erosi. Pada dasarnya erosi terbagi menjadi dua yaitu erosi yang terjadi secara alami dan erosi yang dipercepat. Erosi dapat dibedakan berdasarkan produk hasil akhirnya dan kenampakan lahan akibat erosi itu sendiri. Menurut bentuknya erosi dapat dibedakan menjadi: (Asdak, 1995)

1. Erosi percikan (*splash erosion*): proses terkelupasnya partikel-partikel tanah bagian atas oleh tenaga kinetik air hujan bebas atau sebagai air lolos.



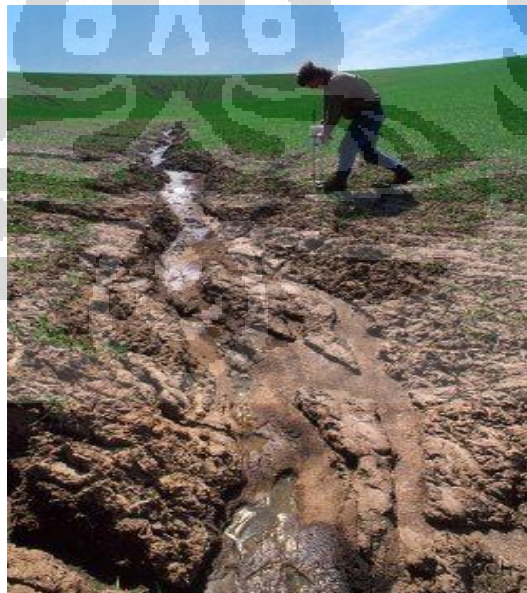
Gambar 2.3 Erosi Percik
sumber Utoyo (2007)

2. Erosi lembar (*sheet erosion*): erosi yang terjadi ketika lapisan tipis permukaan tanah di daerah berlereng terkikis oleh kombinasi air hujan dan air larian (*runoff*).



Gambar 2.4 Erosi Lembar
sumber: Utoyo (2007)

3. Erosi alur (*riil erosion*): pengelupasan yang diikuti dengan pengangkutan partikel-partikel tanah oleh aliran air larian/limpasan yang terkonsentrasi di dalam saluran-saluran air.



Gambar 2.5 Erosi Alur
sumber: Utoyo (2007)

4. Erosi parit (*gully erosion*): membentuk jajaran parit yang lebih dalam dan lebar serta merupakan tingkat lanjutan dari erosi alur.



Gambar 2.6 Erosi Parit

Sumber: Utoyo (2007)

- Erosi parit terputus: dijumpai di daerah bergunung, diawali oleh adanya gerusan yang melebar di bagian atas hamparan tanah miring yang berlangsung dalam waktu relatif singkat akibat adanya air larian yang besar.
 - Erosi parit yang bersambungan: berawal dari terbentuknya gerusan gerusan permukaan tanah oleh air larian ke tempat yang lebih tinggi dan cenderung berbentuk jari-jari tangan.
 - Erosi alur bentuk V: terjadi pada tanah yang relatif dangkal dengan tingkat erodibilitas (tingkat kerapuhan tanah) seragam.
 - Erosi bentuk U: terjadi pada tanah dengan erodibilitas rendah terletak di atas lapisan tanah dengan erodibilitas tanah yang lebih tinggi.
5. Erosi tebing sungai (*stream bank erosion*): pengikisan tanah pada tebing-tebing sungai dan penggerusan dasar-dasar sungai oleh aliran air sungai. Dua proses berlangsungnya erosi tebing sungai adalah adanya gerusan aliran sungai dan oleh adanya longsor tanah pada tebing sungai.



Gambar 2.7 Erosi Tebing Sungai

sumber: Utoyo (2007)

6. Tanah longsor (*land slide*): erosi dimana pengangkutan atau gerakan massa tanah terjadi pada suatu saat dalam volume yang lebih besar.



Gambar 2.8 Tanah longsor

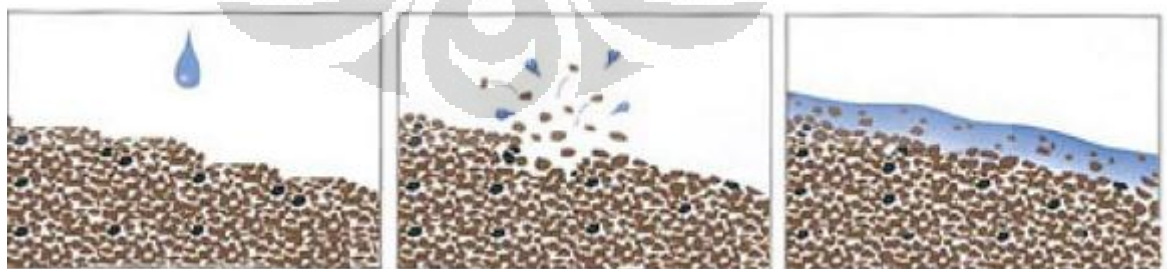
Sumber: Utoyo(2007)

2.2.2. Proses Terjadinya erosi

Proses terjadinya erosi tanah melalui tiga tahap, yaitu tahap pelepasan partikel tunggal dari massa tanah (*detachment*) dan tahap pengangkutan oleh media yang erosive (*transportation*). Pada kondisi dimana energi yang tersedia tidak lagi cukup untuk mengangkut partikel, maka akan terjadi tahap yang ketiga yaitu pengendapan (*deposition*) (Suripin, 2002). Proses erosi bermula dari penghancuran agregat-agregat tanah sebagai akibat dari pukulan air hujan yang

mempunyai energi lebih besar daripada daya tahan tanah. Hancuran partikel-partikel tanah yang menyumbat pori-pori tanah menyebabkan kapasitas infiltrasi tanah menurun sehingga air mengalir di permukaan tanah sebagai limpasan permukaan (*runoff*). Limpasan permukaan mempunyai energi yang mengikis dan mengangkut partikel tanah. Selanjutnya jika tenaga limpasan permukaan sudah tidak mampu lagi mengangkut bahan-bahan hancuran, maka bahan-bahan hancuran tersebut akan diendapkan.

Dengan demikian ada tiga proses yang bekerja secara berurutan dalam proses erosi, yaitu diawali dengan penghancuran agregat-agregat tanah, pengangkutan, dan diakhiri dengan pengendapan. Percikan air hujan merupakan media utama pelepasan partikel tanah. Pada saat butiran air hujan mengenai permukaan tanah yang gundul, partikel tanah dapat terlepas. Pada lahan datar partikel-partikel tanah tersebar lebih-kurang merata ke segala arah, namun untuk lahan miring terjadi dominasi ke arah bawah searah lereng. Partikel-partikel tanah yang terlepas tersebut akan menyumbat poripori tanah, sehingga akan menurunkan kapasitas dan laju infiltrasi. Pada kondisi dimana intensitas hujan melebihi laju infiltrasi, maka akan terjadi genangan air di permukaan tanah, yang kemudian akan menjadi aliran permukaan. Aliran permukaan ini menyediakan energi untuk mengangkut partikel-partikel yang terlepas, baik oleh percikan air hujan maupun oleh adanya aliran permukaan itu sendiri. Pada saat energi atau aliran permukaan menurun dan tidak mampu lagi mengangkut partikel tanah yang terlepas, maka partikel tanah tersebut akan diendapkan (Suripin, 2002).



Gambar 2.9 Proses Terjadinya Erosi

sumber: Utoyo (2007)

2.2.3 Tingkat Bahaya Erosi

Tingkat bahaya erosi yang dikemukakan oleh Arsyad merupakan tingkat ancaman kerusakan yang diakibatkan oleh erosi pada suatu lahan (2000). Erosi tanah dapat berubah menjadi bencana apabila laju erosi lebih cepat daripada laju pembentukan tanah sehingga berangsur-angsur akan menipiskan tanah, bahkan bisa terjadi penyingkapan bahan induk dan batuan dasar. Laju erosi wajar atau laju erosi yang masih dapat dibiarkan atau diperkenankan karena dianggap penipisan tanah berbanding lurus dengan pembentukan tanah. Laju erosi yang dinyatakan dalam mm/thn atau ton/ha/thn yang terbesar yang masih dapat dibiarkan atau ditoleransikan agar terpelihara suatu kedalaman tanah yang cukup bagi pertumbuhan tanaman yang memungkinkan tercapainya produktivitas yang tinggi secara lestari disebut erosi yang masih dapat dibiarkan atau ditoleransikan disebut nilai T.

Hasil penelitian Hardjowigeno dalam Arsyad (2000) dapat ditetapkan besarnya T maksimum untuk tanah-tanah di Indonesia khususnya Pulau Jawa adalah 10 ton/ha/tahun, yaitu untuk tanah dalam dengan lapisan bawah (*subsoil*) yang permeabel dengan substratum yang tidak terkonsolidasi (telah mengalami pelapukan). Tanah-tanah yang kedalamannya kurang atau sifat-sifat lapisan bawah yang lebih kedap air atau terletak di atas substratum yang belum melapuk, nilai T harus lebih kecil dari 10 ton/ha/tahun. Biasanya nilai bahaya erosi dinyatakan dalam indeks bahaya erosi yang didefinisikan sebagai berikut, indeks bahaya erosi = laju erosi (ton/ha/tahun)/laju erosi wajar (ton/ha/tahun). Nilai indeks bahaya erosi yang telah diperoleh dari hasil perhitungan dan dapat diklasifikasikan sesuai dengan kategori bahayanya.

Tabel.2.1 Kriteria Tingkat Bahaya Erosi

No	Indeks Bahaya Erosi	Kriteria Tingkat Bahaya Erosi
1.	<1	Rendah
2.	1,01 - 4,01	Sedang
3.	4,02 – 10,01	Tinggi
4.	>10,01	Sangat Tinggi

Sumber : Hammer dalam Arsyad, 2000

2.2.4 Dampak yang ditimbulkan oleh erosi

Dampak erosi dibagi menjadi dampak ditempat asal terjadinya erosi (*in-site*) dan dampak pada daerah diluarnya (*off-site*). Dampak erosi tanah di tapak (*in-site*) merupakan dampak yang dapat terlihat langsung kepada pengelola lahan yaitu berupa penurunan produktifitas. Hal ini berdampak pada kehilangan produksi peningkatan penggunaan pupuk dan kehilangan lapisan olah tanah yang akhirnya menimbulkan terjadinya tanah kritis. Pengaruh erosi pada kesuburan fisik tanah diantaranya adalah terjadinya penghanyutan partikel-partikel tanah, perubahan struktur tanah, penurunan kapasitas infiltrasi dan penampungan, serta perubahan profil tanah. Sedangkan pengaruh pada kesuburan kimia tanah menurut Goeswono Soepardi dalam bukunya “Sifat dan Ciri Tanah” adalah kehilangan unsur hara karena erosi selama rata-rata 2 tahun yang diperoleh dari percobaan di Missouri yaitu N (66 kg per hektar), kemudian P_2O_5 (41 kg per hektar), K_2O (729 kg per hektar), MgO (145 per kg per hektar), dan SO_4 sebanyak (42 kg per hektar per tahun). Tanah yang dikatakan rusak kalau lapisan bagian atasnya atau top soil (ketebalan 15 - 35 cm) memang telah banyak terkikis dan atau dihanyutkan oleh arus air hujan, sehingga lapisan tersebut menjadi tipis atau bahkan hilang (Kartasapoetra, 1991).

Dampak erosi tanah diluar lahan pertanian (*off-site*) merupakan dampak sangat besar pengaruhnya. Sedimen hasil erosi tanah dan kontaminan yang terbawa bersama sedimen menimbulkan kerugian dan biaya yang sangat besar dalam kehidupan. Arsyad (2000) mengemukakan bentuk dampak *off-site* antara lain:

1. Pelumpuran dan pendangkalan waduk
2. Tertimbunnya lahan pertanian dan bangunan
3. Memburuknya kualitas air, dan
4. Kerugian ekosistem perairan

2.2.5 Model Pendugaan Erosi

Pendugaan erosi dari sebidang tanah adalah metode untuk memperkirakan laju erosi yang akan terjadi dari tanah yang dipergunakan dalam penggunaan

lahan dan pengelolaan tertentu. Jika laju erosi yang akan terjadi telah dapat diperkirakan dan laju erosi yang masih dapat dibiarkan atau ditoleransikan sudah dapat ditetapkan, maka dapat ditentukan kebijakan penggunaan lahan dan tindakan konservasi tanah yang diperlukan agar tidak terjadi kerusakan tanah dan tanah dapat dipergunakan secara produktif dan lestari.

Metode pendugaan erosi pertama kali dikembangkan pada tahun 1940 yang dipelopori oleh Zingg. Dalam meramalkan kehilangan tanah, Zingg mendasarkannya pada tingkat kecuraman dan panjang lereng. Kemudian Smith dalam Seta (1987) menyempurnakannya dengan jalan menambahkan faktor tanaman dan pengelolaan kedalam formula Zingg, Dari hasil penelitiannya di daerah Iowa (USA), Browning dalam seta (1987) kemudian menambahkan lagi faktor erodibilitas tanah dan melengkapinya dengan beberapa tabel sebagai metode untuk mempermudah penggunaannya di lapang. Akhirnya Wischeimer dan Smith (1965) berhasil menyempurnakan persamaan-persamaan sebelumnya dan kemudian terkenal dengan sebutan “*Persamaan Umum Kehilangan Tanah*” (*Universal Soil Loss Equation – USLE*) dengan rumus (Seta, AK, 1987)

$$A = (0,224) \times R \times K \times Ls \times C \times P$$

Dimana

- A = kisaran kehilangan tanah yang diramalkan
- R = faktor erosivitas hujan
- K = faktor erodibilitas tanah
- Ls = faktor panjang dan kecuraman lereng
- C = faktor pengelolaan tanaman
- P = faktor praktek pengendalian erosi secara mekanis

Menurut Tagus dkk (2000) Model erosi tanah dapat dikasifikasikan menjadi tiga, yaitu (a) model empiris, (b) model fisik, dan (c) model konseptual. Model empiris didasarkan pada variabel-variabel penting yang diperoleh dari penelitian dan pengamatan selama proses erosi terjadi. Umumnya model-model erosi dibangun dari model empiris salah satu contohnya adalah USLE. Perbaikan model USLE yaitu RUSLE juga merupakan model empiris yang memprediksi erosi lembar dan alur yang dihubungkan dengan aliran permukaan. Model fisik merupakan suatu model yang berhubungan dengan hukum kekekalan massa dan energi. Persamaan diferensial atau dikenal sebagai persamaan kontinuitas

digunakan dan diaplikasikan untuk erosi tanah apada satu segmen tanah yang berlereng. Model ini dikenal juga sebagai model *input-output* dalam kondisi yang homogen. Salah satu model erosi fisik dibuat oleh Rose, dan berkembang menjadi model GUEST. Model fisik ditujukan untuk menjelaskan proses erosi dengan menggunakan persamaan fisika, namun demikian persamaan empiris kadang-kadang masih digunakan didalamnya seperti yang dikemukakan oleh ICRAF dalam Tagus (2000). Persamaan yang digunakan pada model fisik ini tergolong sulit dan mengandung parameter-parameter yang kadang-kadang sukar untuk diukur selain menggambarkan sifat atau perilaku dari tipe tanah yang berbeda diperlukan persamaan yang berbeda. Namun demikian, menurut Schmitz dan Tamelin model fisik mempunyai kemungkinan untuk memperoleh hasil yang lebih baik dibandingkan dengan USLE atau beberapa modifikasinya, karena model fisik merupakan permodelan proses-proses, sehingga pengguna dapat memahami lebih baik proses-proses yang bertanggung jawab dan untuk apa dalam (Tagus, 2000).

Model konseptual dirancang untuk mengetahui proses internal dalam sistem dan mekanisme fisik yang umumnya selalu berkaitan dengan hukum fisika dalam bentuk yang sederhana. Umumnya model ini tidak linear, bervariasi dalam waktu, dan parameternya mutlak diukur. Meskipun model ini mengabaikan aspek spasial dalam proses hujan dan aliran permukaan, tetapi kaitannya dengan proses yang tidak linier menyebabkan model ini layak untuk dipertimbangkan. Banyak model erosi yang telah dikembangkan paling tidak selama empat dekade terakhir, dimulai dengan USLE dan beberapa model empiris lainnya, misalnya RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*), MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) yang dikembangkan berpatokan pada konsep USLE. Beberapa model fisik dikembangkan setelah generasi USLE salah satunya adalah GUEST (*Griffith University Erosion System Template*) dan WEPP. Menurut Sinukaban (1997) Beberapa model erosi untuk DAS yang berkaitan dengan hidrologi yang juga berdasarkan pada konsep USLE adalah ANSWERS (*Areal Non-point Sources Watershed Environment Response Simulation*) yang selanjutnya dipebaiki dengan model AGPNS atau *Agricultural Non-point Source Pollution Model*.

2.3 Pendekatan GeoWEPP dalam pendugaan erosi

Program WEPP dimaksudkan “untuk mengembangkan generasi baru dalam teknologi memperkirakan erosi karena air” untuk penggunaan dalam skala besar oleh pengguna melibatkan “konservasi tanah dan air dan kajian serta perencanaan lingkungan” (Foster and Lane dalam Troeh et al, 2004). *Agricultural Research Service (ARS), Natural Resources Conservation Service (NRCS), Forest Service, USDA, dan Bureau of Land Management di U.S. Department of the Interior* terlibat dalam proyek ini. WEPP merupakan model buatan Amerika pertama yang dikembangkan untuk memprediksi erosi pada skala luas yang tidak didasari oleh teknologi USLE. WEPP merupakan model *physical based*, didasari oleh proses dan model harian yang dikembangkan untuk menggantikan *Universal Soil Loss Equation (USLE)* untuk prediksi erosi (Lafren et al., Lane dan Nearing, dalam Troeh et al., 2004). WEPP merupakan suatu model yang menghasilkan perhitungan harian dari keadaan tanah dan biomassa pada suatu lahan. Apabila hujan turun, *runoff* dihitung. Apabila terjadi *runoff*, maka sebaran, angkutan dan deposit sedimen dapat dihitung pada lereng. Perhitungan itu termasuk generator iklim, komponen hidrologi, model pertumbuhan tanaman, dan iklim tanah penutup lahan dan database tanaman untuk kondisi yang umum yang terjadi di Amerika. Versi teknologi sebelumnya dirilis pada tahun 1989. Versi tersebut sudah diuji secara ekstensif pada lahan pertanian di Amerika dan menghasilkan hasil yang baik. Versi ini juga sudah diuji di Eropa, Asia, dan Afrika. Program ini dirilis ke publik pada tahun 1993.

Karena WEPP dapat menghitung tidak hanya jumlah tanah yang tererosi, tetapi juga kapasitas angkut dari *runoff*, WEPP juga dapat memprediksi jumlah dan lokasi dari sedimen yang akan dideposit ketika air mengalir perlahan dan lereng mulai rata (Favis-Mortlock dan Guerra dalam Troeh et al., 2004). WEPP juga sudah dimodifikasi untuk memprediksi perubahan pola erosi yang akan muncul sebagai suatu solusi dari pemanasan global. GeoWEPP merupakan perangkat lunak berbentuk Geo-spasial untuk model WEPP yang menggunakan *Geographic Information System (GIS)* ArcView dan ekstension analisis spasialnya ; yang keduanya dikembangkan oleh *Environment Systems Research Institute*

(ESRI) ; sebagai dasar untuk mengaplikasikan model prediksi erosi (WEPP) dan *Windows interface (WEPPWin)* dengan data geospasial topografi, penggunaan lahan dan jenis tanah. Renschler (2004) menyatakan versi GeoWEPP yang telah ada memungkinkan untuk mendelineiasi DAS yang lebih besar dibandingkan ukuran DAS yang direkomendasikan pada model DAS WEPP (<500 ha),

Simonato (2005) menyatakan bahwa sesuai fakta dalam skala bulanan estimasi WEPP dan erosi terukur mempunyai perbedaan sekitar 100%, pada skala musiman perbedaan sekitar 0-40%, dan pada skala tahunan perbedaan sekitar 13-80%. Ketersediaan data sampai beberapa tahun yang akan datang, masih akan tetap merupakan faktor penghambat penggunaan WEPP, terutama di luar pulau Jawa. Akan tetapi dengan makin banyaknya tuntutan untuk mengevaluasi kualitas lingkungan dan untuk perencanaan tindakan konservasi, maka WEPP layak untuk diverifikasi dan secara bertahap digunakan.

Dalam model GeoWEPP, kehilangan tanah dihitung sepanjang lereng dan menghasilkan hasil sedimen pada akhir lereng. Proses *physical based* erosi dimodelkan didalam GeoWEPP sebagai suatu konsep persamaan kontinuitas *steady state* sedimen untuk menjelaskan pergerakan dari sedimen dalam rangka mempertahankan hukum kekal energi. Proses erosi *physical based* dimodelkan didalam WEPP dengan konsep persamaan kontinuitas *steady-state* untuk menjelaskan pergerakan sedimen pada alur mengacu kepada hukum konservasi massa dan energi. Model WEPP menggunakan persamaan-persamaan tersebut dibawah (Endale, 2003).

Total tingkat erosi dihitung dengan persamaan :

$$\frac{dG}{dx} = D_f + D_i$$

dimana :

dG = perubahan muatan sedimen (kg/s.m)

dx = perubahan panjang lereng (m)

D_f = tingkat erosi alur (kg/s.m²), positif untuk detasemen, negatif untuk deposit

D_i = angkutan sedimen antar alur ke alur (kg/s.m²)

Pada dasarnya, partikel tanah dan aliran air bersih saling berhubungan dalam hal detasemen tanah pada alur. Baik partikel tanah dan aliran air bersih memiliki tekanan potensial. Langkah awal untuk memisahkan tekanan tanah pada aliran air bersih seharusnya lebih besar daripada tekanan potensial tanah. Setelah tanah terpisahkan untuk disalurkan, muatan sedimen seharusnya lebih kecil daripada kapasitas angkut dari aliran air bersih tersebut. Oleh karena itu, penyebaran tanah bersih pada alur diperkirakan ketika tekanan geser hidrolik melebihi tekanan geser kritis tanah dan ketika muatan sedimen lebih kecil daripada kapasitas angkut sedimen (Endale, 2003). Christian rauter dalam tesisnya yang berjudul "*Sensitivity analysis of GeoWEPP model regarding DEM's spatial resolution*" mendapatkan hasil bahwa resolusi spasial dari DEM berpengaruh terhadap *output* yang dihasilkan, pengaruhnya antara lain ; (1) penafsiran batas lereng dan batas DAS, DEM dengan resolusi spasial lebih tinggi dapat menghasilkan gambaran yang sesuai dengan kenyataannya. (2) perhitungan erosi dan hasil sedimen DEM yang resolusi spasialnya lebih tinggi lebih mendekati pada perhitungan erosi faktual.

Penelitian sebelumnya mengenai pendugaan erosi dan hasil sedimen menggunakan model GeoWEPP sudah banyak dilakukan di luar Indonesia, seperti yang dilakukan oleh Alaadin Yuksel dkk (2008) dengan judul "*Application of GeoWEPP for Determining Sediment Yield and Runoff in the Orcan Creek Watershed in Kahramanmaras, Turkey*" menghasilkan data rata-rata nilai *Root Mean Square* (RMS) 2,96 untuk hasil sedimen dengan tingkat kepercayaan sebesar 0,98 dan menyimpulkan model GeoWEPP menghasilkan hasil yang baik. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh M.Ebrahimpour (2011) dengan judul "*Accuracy of GeoWEPP in Estimating Sediment Load and Runoff from a Tropical Watershed* ", penelitian tersebut membandingkan hasil erosi dan sedimentasi keluaran model GeoWEPP dibandingkan dengan pengukuran langsung dan didapat bahwa untuk DAS yang berada pada wilayah tropis hasil keluaran model GeoWEPP dapat memprediksi lebih akurat besaran laju erosi dibandingkan besaran hasil sedimennya dan masih banyak lainnya.

Untuk aplikasi di Indonesia sendiri belum banyak yang melakukan, namun sudah pernah ada yang melakukan seperti Sri Legowo (2006) dalam jurnal

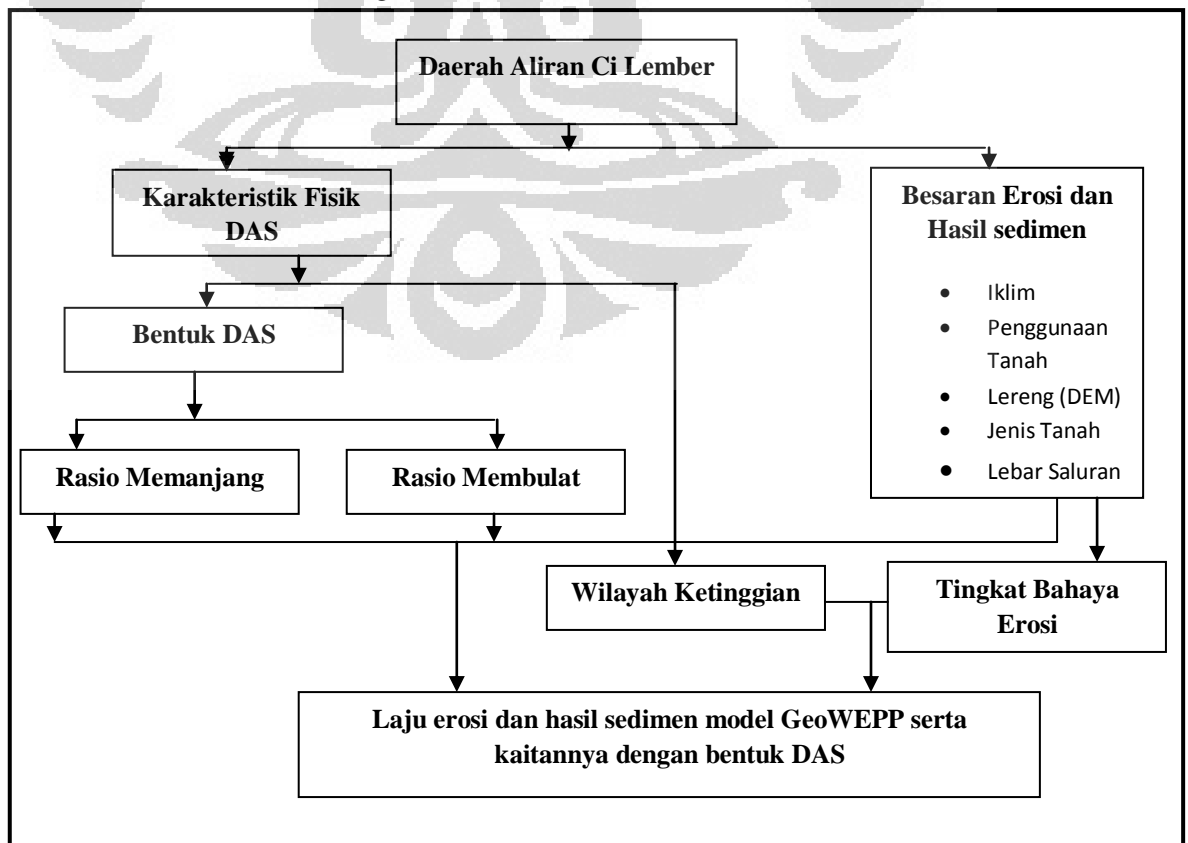
penelitiannya yang berjudul “*Pendugaan Erosi dan Sedimentasi dengan Menggunakan Model GeoWEPP (Studi Kasus DAS Limboto, Propinsi Gorontalo)*” menghasilkan kesimpulan berupa Hasil keluaran GeoWEPP menunjukkan DAS Limboto berada pada kondisi kritis yakni memiliki laju erosi 44,69 ton/ha/thn atau 3.72 mm/thn. Sediment deposisi per hektar pada DAS Limboto adalah sebesar 2,94 ton/ha/thn atau 0.245 mm/ha. *Sediment yield* per hektar DAS Limboto adalah 41,75 ton/ha/thn atau 3.48 mm/thn. Departemen Geografi Universitas Indonesia pernah juga dilakukan penelitian pendugaan erosi dan sedimentasi model GeoWEPP yaitu berupa Tesis yang pernah dilakukan oleh Mataburu (2008) yang pendugaan erosi dan sedimentasi model GeoWEPP (*Studi Kasus DA Ci Widey*) menghasilkan kesimpulan bahwa pengukuran besaran laju erosi dan sedimentasi model GeoWEPP memiliki perbedaan yang sedikit yang tidak signifikan dengan hasil pengukuran langsung yang telah dilakukan oleh BPDAS, dan ia menarik kesimpulan bahwa pendugaan erosi dan sedimentasi model GeoWEPP layak digunakan mengingat akurasi hasil yang didapatkan, meskipun begitu tetap mempunyai kelemahan yaitu tingkat akurasi data yang digunakan cukup tinggi yang menjadi kendala khususnya di negara berkembang seperti Indonesia.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendekatan Studi

Pendugaan erosi dan hasil sedimen model GeoWEPP untuk dihasilkan besaran laju erosi dan hasil sedimen harus dilakukan dalam beberapa tahap yang akan dijabarkan lebih lanjut. Besaran erosi dan hasil sedimennya tersebut dikaitkan dengan variabel yang ditentukan untuk menjawab pertanyaan penelitian. Secara umum *input* model GeoWEPP berupa data jenis tanah, data penggunaan tanah, dan data *Digital Elevation Model* (DEM) yang diolah dari data kontur, data lebar saluran secara umum, dan data iklim harian. Setelah melewati serangkaian proses pada model GeoWEPP didapatkan besaran erosi dan hasil sedimennya, besaran erosi dan hasil sedimen yang di hitung memenuhi kerangka spasial yang telah dibuat, jika telah selesai pada tahap ini barulah dianalisis secara kualitatif dan kuantatif variabel-variabel yang telah ditentukan. Selain mencari hubungan antara besaran erosi dengan hasil sedimen penelitian ini juga mengklasifikasikan erosi menjadi tingkat bahaya erosinya dan dilihat distribusinya apakah memiliki pola tertentu atau tidak.

Diagram 3.1 Alur Pikir Penelitian



Pendekatan studi yang telah dibuat digambarkan dalam diagram 3.1 alur pikir dan diimplementasikan ke dalam sebuah tahapan kerja yang tergambar pada diagram 3.2 alur kerja pada halaman 32.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

Variabel karakteristik DAS

1. Bentuk DAS
2. Wilayah Ketinggian DAS

Variabel Erosi dan Hasil sedimen

1. Iklim
 - 1.1 Curah Hujan Harian periode tahun 1985-2004
 - 1.2 Temperatur maksimum dan minimum periode tahun 1985-2004
2. Tanah
 - 2.1 Kedalaman solum
 - 2.2 Fraksi Pasir, Liat dan Bahan Organik
3. Penggunaan Tanah
4. Lereng
5. Lebar saluran

3.3 Pengumpulan Data

Metoda pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi survey lapang dan survey instansional, yang dimaksud dengan survey lapang adalah mengumpulkan data melalui pengukuran langsung di daerah penelitian, sedangkan survey instansional mengumpulkan data yang telah dilakukan oleh instansi terkait maupun penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya.

Survey Instansional

Jenis dan sumber data yang dikumpulkan meliputi:

1. Peta kontur yang didapat dari hasil *clipping* Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Bakosurtanal sheet 1209-142.
2. Peta jaringan sungai yang didapat dari hasil *clipping* Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Bakosurtanal sheet 1209-142.
3. Peta jenis tanah Semidetil dari Puslittanak

4. Data jenis tanah dari hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan oleh Endriani dan Zurhalena dalam penelitiannya yang berjudul “*Kajian beberapa Sifat Fisika Andosol di Kecamatan Gunung Kerinci*”, Program studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jambi.
5. Peta penggunaan tanah tahun 2009 skala 1:25.000 dari Badan Pertanahan Nasional.
6. Data curah hujan harian tahun 1985-2004 stasiun Curah Hujan Citeko BMKG.
7. Data temperatur maksimum dan minimum 1985-2004 stasiun Curah Hujan Citeko BMKG.

Sedangkan untuk survey lapang, jenis dan sumber data yang dikumpulkan meliputi:

8. Data lebar saluran dari pengukuran lapang.

Untuk mendapatkan data lebar saluran yang terdapat di daerah aliran Ci Lember penulis menggunakan bantuan alat berupa meteran. Mengingat lokasi dari saluran tidak semuanya dapat dijangkau karena tidak terdapatnya akses jalan menuju ke tempat tersebut, maka dari itu penulis mengukur saluran yang dapat mewakili lebar saluran untuk saluran pada DAS dengan ordo 1, ordo 2 dan ordo 3.

Tabel 3.1 Pengambilan Sampel Lebar Saluran

Saluran	Subdas Ordo 3	Subdas Ordo 2	Subdas Ordo 1
Wilayah Lereng			
0-8 %	√	√	√
8-15 %	√	√	√
15-40%	—	√	√
>40%	—	√	√

Keterangan : √ = ada, dapat terambil

√ = ada, tidak dapat terambil

— = tidak ada

Metode pengambilan data lebar saluran didasarkan pada perbedaan wilayah lereng dan perbedaan ordo Sub-DAS. Tabel diatas menampilkan kondisi

Sub-DAS ordo 1 sampai ordo 3 pada berbagai wilayah lereng. Terlihat bahwa pada Sub-DAS ordo 3 hanya terdapat pada dua wilayah lereng yaitu lereng 0-8% dan 8-15% dan keduanya dapat terambil. Sedangkan pada Sub-DAS ordo 2 terdapat pada semua wilayah lereng, namun karena pada wilayah lereng 15-40% dan diatas 40% tidak dapat dilalui karena tidak tersedianya jalur menuju kesana diasumsikan Sub-DAS ordo 2 pada wilayah kelerengan 0-8% dan 8-15% sudah cukup mewakili lebar saluran pada Sub-DAS ordo 2. Saluran yang terdapat Sub-DAS ordo 1 juga terdapat pada semua wilayah lereng, namun wilayah lereng diatas 40 % tidak dapat terambil karena tidak tersedianya aksesibilitas menuju tempat tersebut. Hasil pengukuran dapat dilihat pada lampiran 6 dan foto dokumentasi pada lampiran 6.

Setelah melalui proses pengukuran didapatkan lebar saluran seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.2 Lebar Saluran DA Ci Lember

Saluran	Lebar (meter)
Sub-DAS Ordo 1	0,7
Sub-DAS Ordo 2	1,5
Sub-DAS Ordo 3	2

Sumber: Survey Lapangan

Saluran-saluran yang terdapat pada Sub-DAS ordo 1 diasumsikan semua memiliki lebar yang sama yaitu sepanjang 0,7 meter, sedangkan untuk saluran yang terdapat pada Sub-DAS ordo 2 sepanjang 1,5 meter juga untuk untuk saluran yang terdapat pada Sub-DAS ordo 3 diasumsikan semua sama yaitu sepanjang 2 meter. Data lebar saluran merupakan data yang penting karena bagian dari *input* yang diperlukan dalam proses *Topographic Analysis*.

3.4 Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini merupakan penjabaran dari tahapan alur kerja yang tergambar pada diagram 3.2 alur kerja pada halaman 32.

Pendugaan laju erosi dan hasil sedimen menggunakan software GeoWEPP dilakukan dengan cara menginput variabel dan parameter yang digunakan yaitu iklim, sifat fisik tanah, penggunaan tanah, lebar saluran dan data *Digital Elevation Model* (DEM). Berikut dibawah ini dipaparkan proses-prosesnya.

1. Pada tahap awal yang penting diperlukan adalah data DEM . Data DEM didapatkan dari peta kontur hasil *clipping* peta RBI Bakosurtanal menggunakan metode *Triangulated Irregular Network* (TIN), menggunakan ekstensi *3D Analyst*, setelah itu di konversi menjadi *format* GRID lalu konversi ke *format* ASCII.
2. Selain DEM peta penggunaan tanah juga dikonversi dari *format* shp lalu GRID, setelah itu konversi ke *format* ASCII.
3. Setelah itu yang tidak kalah oentingnya adalah mengenai data sifat fisik tanah serta kedalaman solum yang merupakan input dari model GeoWEPP yang mutlak dibutuhkan, sebelumnya parameter sifat fisik tanah yang telah diketahui dimasukkan ke dalam atribut jenis tanah, memasukkan parameter sifat fisik tanah menggunakan bantuan software *WEPPWin*, selanjutnya dikonversi ke *format* GRID lalu *export* ke *format* ASCII.

Jenis tanah andosol tidak terdapat dalam *default* program GeoWEPP maka dari itu harus dibuat terlebih dahulu atribut jenis tanah andosol menggunakan program *WEPPWin*. Karena keterbatasan biaya dan waktu, dalam penelitian ini menggunakan sifat fisik tanah andosol mengacu pada naskah peta tanah eksplorasi Jawa & Madura yang diterbitkan oleh Lembaga Penelitian Tanah tahun 1969 dengan asumsi bahwa jenis tanah andosol yang terdapat di daerah penelitian tersebut memiliki sifat fisik tanah yang sama dengan jenis tanah yang terdapat dalam daerah penelitian penulis. Data sifat fisik tanah andosol bervariasi, namun untuk kepentingan *input* model GeoWEPP data sifat fisik tanah andosol tersebut dipilih nilai yang mewakili yaitu nilai rata-ratanya, diantaranya adalah kandungan pasir sebesar 24%, liat 13 % kandungan batuan 40 % dan bahan organik sebesar 14 % pada kedalaman solum sedalam 30 mm.

Data sifat fisik tanah tersebut dibuat atribut baru menggunakan *WEPPWin*, seperti tertera pada gambar dibawah ini.

Interrill Erodibility:	<input type="text"/>	(Kg*s/m**4)	<input checked="" type="checkbox"/>	Have Model Calculate
Rill Erodibility:	<input type="text"/>	(s/m)	<input checked="" type="checkbox"/>	Have Model Calculate
Critical Shear:	<input type="text"/>	(Pa)	<input checked="" type="checkbox"/>	Have Model Calculate
Eff. Hydr. Conductivity:	<input type="text"/>	(mm/h)	<input checked="" type="checkbox"/>	Have Model Calculate

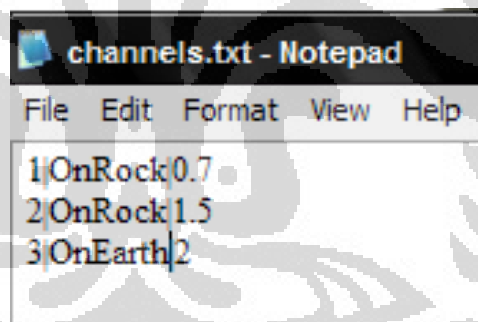
Layer	Depth(mm)	Sand(%)	Clay(%)	Organic(%)	Rock(%)
1	30	24.0	13.0	14.000	40.0

Gambar 3.1 Tampilan Data Tanah WEPPWin

Software *WEPPWin* juga langsung mengkalkulasi besaran erodibilitas tanah di saluran dan juga dipermukaan, tegangan geser dan konduktivitas hidrolis yang nanti digunakan dalam penghitungan model GeoWEPP.

Setelah itu masuk dalam proses memasukkan data atribut lebar saluran dalam *format txt*

Data lebar saluran yang didapat dari hasil pengukuran lapang tertera dibawah ini :



Gambar 3.3 Tampilan data lebar saluran

4. Data iklim dalam penelitian ini diolah dengan cara menginput data iklim harian dengan menggunakan *WEPPWin*, lalu membangun data iklim kontinu menggunakan bantuan *tools* yang terdapat dalam *WEPPWin* yaitu *Cligen*.
5. Untuk membangun data iklim kontinu menggunakan *Cligen*, dalam penelitian ini stasiun curah hujan yang digunakan adalah stasiun curah hujan Citeko, Bogor. Masukkan datanya berupa data curah hujan harian dan temperatur maksimum dan minimum harian dalam *format .txt*, dengan *format* penulisannya seperti yang ditampilkan dibawah ini.


```

MONTH DAY YEAR PRCP TMAX TMIN
1 1 1985 9,1 24,7 18,1
1 2 1985 11,2 24,1 18,0
1 3 1985 7,3 25,5 17,6
1 4 1985 6,5 25,6 17,8
1 5 1985 12,7 23,7 17,5
1 6 1985 0 24,5 18,0
1 7 1985 6,8 25,3 16,9
1 8 1985 1,8 24,3 17,1
1 9 1985 3,9 24,1 17,2
1 10 1985 21,2 24 18,1
1 12 1985 0 24,2 17,1
1 13 1985 1 2 24 3 17

```

Gambar 3.4 Tampilan data iklim *input Cligen*

Pemasukan data *cligen* tersebut diurutkan dari jangka waktu yang lalu hingga yang terbaru dalam hal ini tahun 1985 hingga tahun 2004. Setelah itu data iklim *format .txt* dikonversi menjadi *format .par*, karena pada *software cligen* meminta data iklim harian dalam *format .par*, barulah data iklim kontinu dapat dibangun.

- Untuk keperluan penggunaan model GeoWEPP klasifikasi penggunaan tanah harus dikonversi dengan klasifikasi yang digunakan oleh *United States Geological Survey (USGS)*, seperti yang tertera pada tabel setelah ini:

Tabel 3.3 Konversi Penggunaan Tanah Klasifikasi USGS

No	Penggunaan Tanah	Land Use	Kode
1.	Hutan Belukar	<i>Shrubland</i>	51
2.	Kebun Campuran	<i>Orchards/Vineyards/Other</i>	61
3.	Permukiman	<i>Low Intensity Residential</i>	21

Sumber: Pengolahan Data 2012

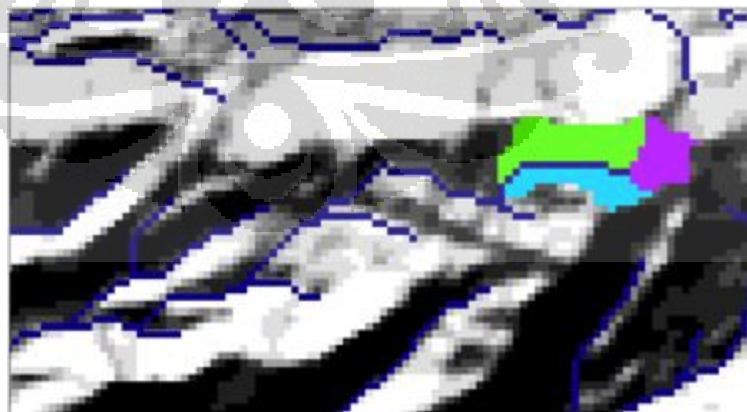
- Pada model GeoWEPP, data iklim, jenis tanah dan penggunaan tanah yang dibutuhkan di atas, dilakukan proses *input*, setelah muncul tampilan saluran dan *hillshade* lalu menentukan outlet yang telah ditentukan dalam kerangka spasial yang telah dibuat, model akan mendeliniasi batas DAS secara otomatis dari *output* yang kita buat.

Pada tahap ini masuk dalam proses *Topographic Analysis* (TOPAZ) .
 untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar setelah ini'



Gambar 3.5 Tampilan *Topographic Analysis* (TOPAZ) sebelum terdeliniasi

Gambar sebelumnya adalah contoh tampilan TOPAZ hasil olahan GeoWEPP sebelum batas DAS terdeliniasi, garis berwarna biru merupakan saluran yang dihasilkan dari proses pengolahan data DEM, pada gambar tersebut belum nampak penarikan batas DAS, baru sebatas menampilkan beberapa punggung dan sungai yang ada. Batas DAS terdeliniasi setelah penulis menentukan titik outlet. Setelah menentukan titik outlet, DAS akan terdeliniasi. Tampilan DAS setelah penentuan titik outlet tertampil seperti gambar setelah ini.



Gambar 3.6 Tampilan *Topographic Analysis* (TOPAZ) setelah terdeliniasi

8. Setelah terdeliniasi, stasiun iklim yang telah dibuat sebelumnya dalam hal ini stasiun curah hujan Citeko, Bogor yang telah di sesuaikan dengan *format* GeoWEPP seperti pada langkah 6 diinput kedalam *software* GeoWEPP.
9. Setelah melalui tahap di atas muncullah besaran erosi dan hasil sedimen dari DAS yang telah tentukan.
10. Dengan mengulangi tahap 6,7 dan 8 sampai semua Sub-DAS yang diperlukan tercatat besaran erosi dan hasil sedimennya.
11. Rasio bentuk DAS dihitung dengan formula yang telah ditetapkan di awal, dengan data-data yang diperlukan seperti luas DAS, panjang sungai dan keliling DAS.
12. Peta wilayah ketinggian didapat dengan cara mengolahnya dari peta kontur hasil *clipping* peta RBI Bakosurtanal.
13. Demi mendapatkan Tingkat Bahaya Erosi pada masing-masing unit analisis yang telah dibuat , maka dari itu besaran erosi menjadi diklasifikasikan tingkat bahaya erosi sesuai pada tabel 1.1.
14. *Input* atribut laju erosi dan tingkat bahaya erosi ke masing-masing Sub-DAS yang telah dibuat.
15. Selanjutnya peta wilayah ketinggian di *overlay*kan dengan tingkat bahaya erosi .
16. Pengolahan data statistik dalam rangka mendapatkan hubungan antara besaran erosi dengan rasio bentuk DAS menggunakan bantuan *software* SPSS 13. Pada *Software* tersebut digunakan pilihan *Analyze* → *Correlate* → *Bivariate* dengan menggunakan koefisien korelasi Pearson dengan variabel pertama berupa besaran laju erosi dan variabel kedua yaitu rasio bentuk DAS.

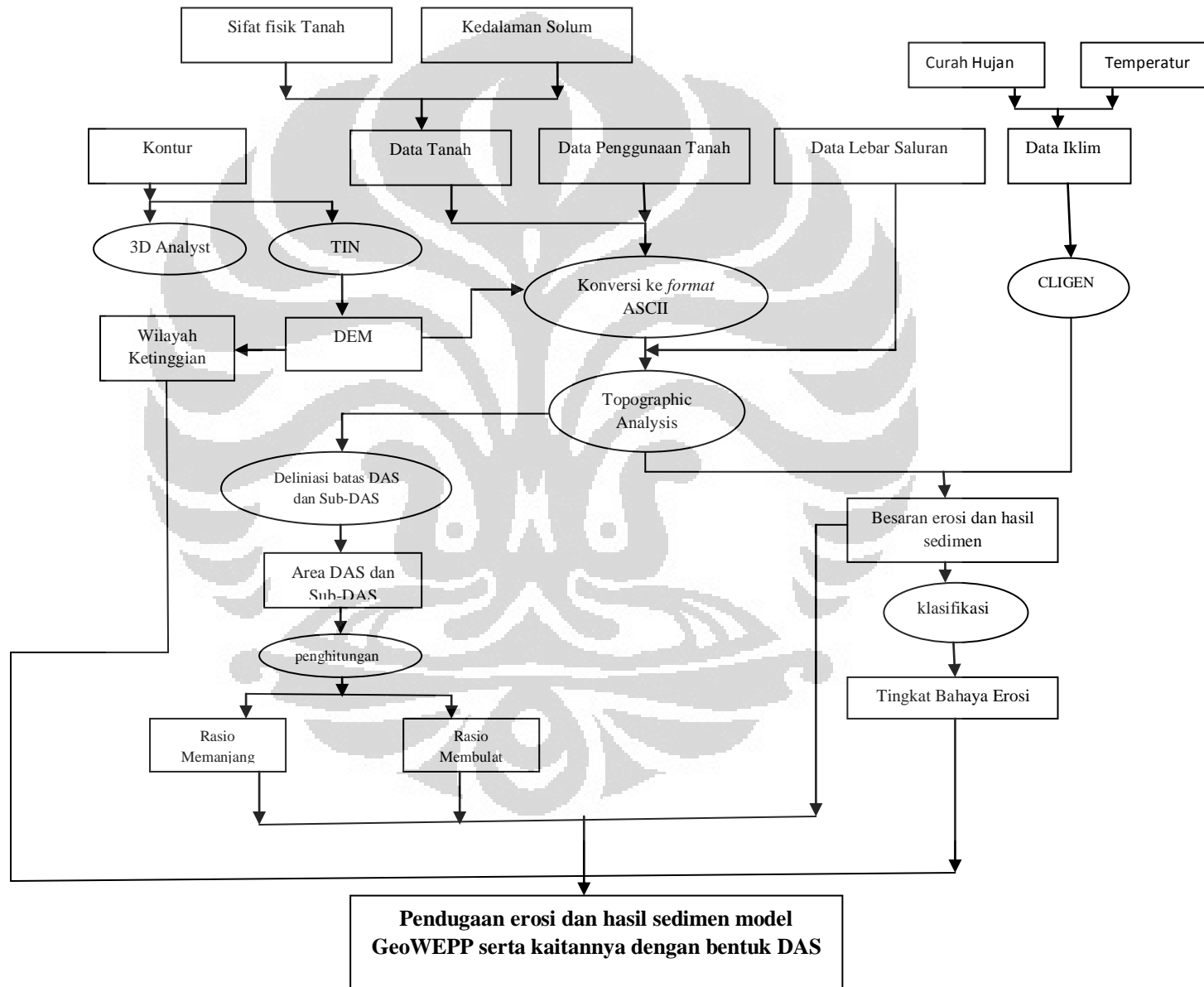
3.5 Analisis Data

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif, analisis *overlay* dan analisis korelasi. Analisis *overlay* dalam penelitian ini mengidentifikasi kekhasan sebaran gejala keruangan di permukaan bumi. Gejala

keruangan dalam penelitian ini adalah mengenai persamaan perbedaan antara tingkat bahaya erosi dengan wilayah ketinggian. Analisis deskriptif digunakan dalam mendeskripsikan sebaran dari laju erosi dan hasil sedimen berdasarkan model GeoWEPP dengan unit analisis .

Sedangkan analisis korelasi digunakan untuk mencari kaitan antara laju erosi dan hasil sedimen model GeoWEPP dengan rasio bentuk DAS pada masing-masing unit analisis daerah penelitian. Analisis korelasi yang digunakan adalah analisis secara statistik dengan menggunakan metode *pearson product moment*. Digunakan analisis korelasi *pearson product moment* karena data rasio bentuk DAS dan besaran laju erosi dan hasil sedimen merupakan data ordinal. Kegunaan Korelasi Product Moment Pearson antara lain (a) Untuk menyatakan ada atau tidaknya hubungan antara variabel rasio bentuk DAS dengan variabel laju erosi dan hasil sedimen; (b) Untuk menyatakan besarnya sumbangan variabel rasio bentuk DAS terhadap laju erosi dan hasil sedimen yang dinyatakan dalam persen. Hasil *output* dari software SPSS 13 akan keluar lalu koefisien korelasinya dikaitkan dengan tabel r, jika nilai koefisien korelasi lebih kecil daripada tabel r maka tidak terdapat hubungan antara besaran erosi dengan rasio bentuk DAS namun jika terdapat koefisien korelasi lebih besar daripada hasil nilai di tabel r maka ada hubungan antara besaran erosi dan rasio bentuk DAS.

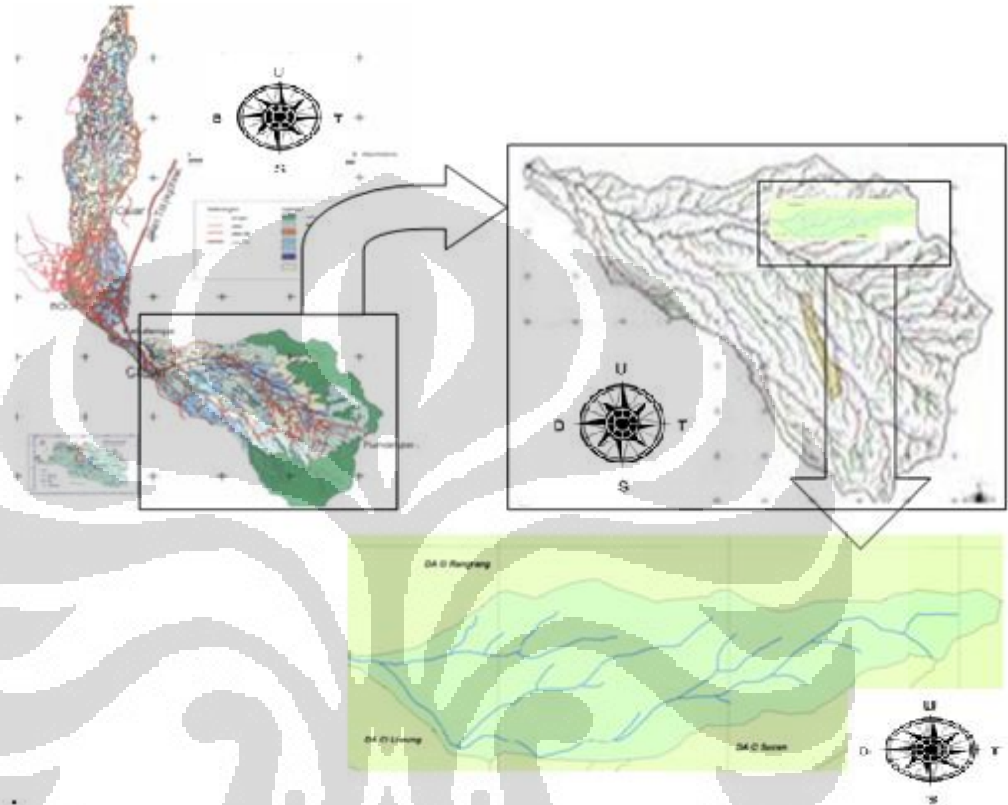
Diagram 3.2 Alur Kerja



BAB IV

GAMBARAN UMUM DAERAH PENELITIAN

4.1 Letak geografis dan Luas Daerah Penelitian



Gambar 4.1 Orientasi DA Ci Lember

Daerah Aliran Ci Lember merupakan bagian dari Daerah Aliran Ci Liwung bagian Hulu berada di kaki gunung Gede Pangrango, berjarak dari ibu kota negara lebih kurang 83,5 km. Adapun lokasi relatif dan absolutnya seperti tercantum dibawah ini ;

Lokasi Absolut : $106^{\circ}55'20''$ BT - $106^{\circ}58'08''$ BT dan $6^{\circ}39'15''$ LS - $6^{\circ}39'55''$ LS

Lokasi Relatif :

Sebelah Barat :berbatasan dengan Daerah Aliran Ci Liwung Hulu

Sebelah Utara :berbatasan dengan Daerah Aliran Ci Pangrang

Sebelah Timur :berbatasan dengan Daerah Aliran Ci Mandala dan Ci
Pangrang

Sebelah Selatan: berbatasan dengan Daerah Aliran Ci Sucen dan Ci
Mandala

Daerah Aliran Ci Lember merupakan DAS dengan ordo paling tinggi yaitu ordo 3. Luas keseluruhan wilayah dari Daerah Ci Lember adalah lebih kurang 449 Ha. Selanjutnya akan disajikan tabel luasan masing-masing Sub-DAS dari DA Ci Lember. Subdas ordo 1 dan ordo 2 dibuat dari hasil pengolahan data peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 :25.000 sheet 1209-142.

Tabel.4.1 Luasan Sub-DAS Ordo1

Sub-DAS	Luas (Ha)
1	10,14
2	8,52
3	14,48
4	10,89
5	6,59
6	22,87
7	37,09
8	8,66
9	21,63
10	6,97
11	7,23
12	7,77
13	13,00
14	20,17
15	24,06

Sumber : hasil pengolahan data spasial, 2012

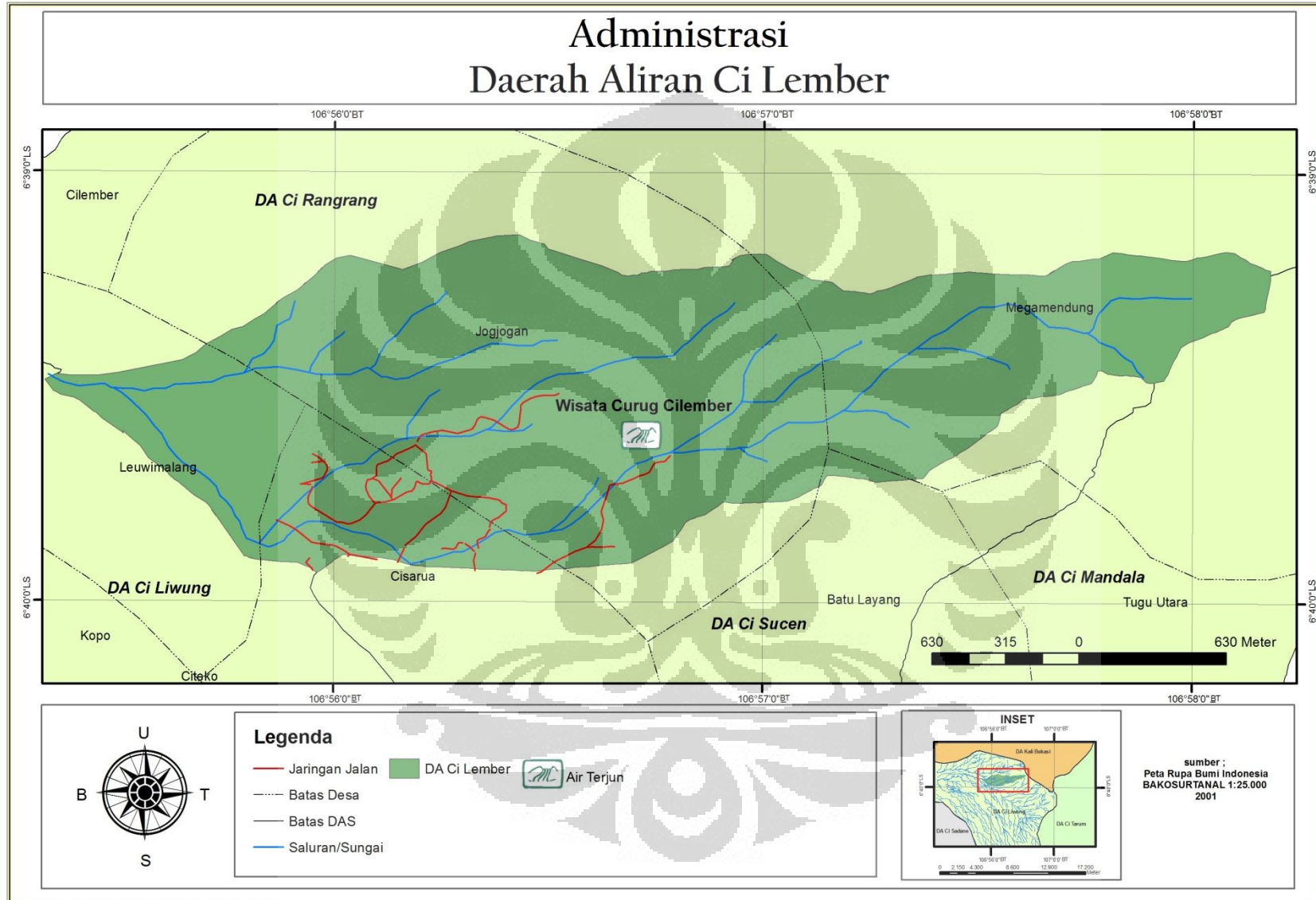
Tabel.4.2 Luasan Sub-DAS Ordo 2

Sub-DAS	Luas (Ha)
1	108,71
2	40,35
3	81,80
4	101,58

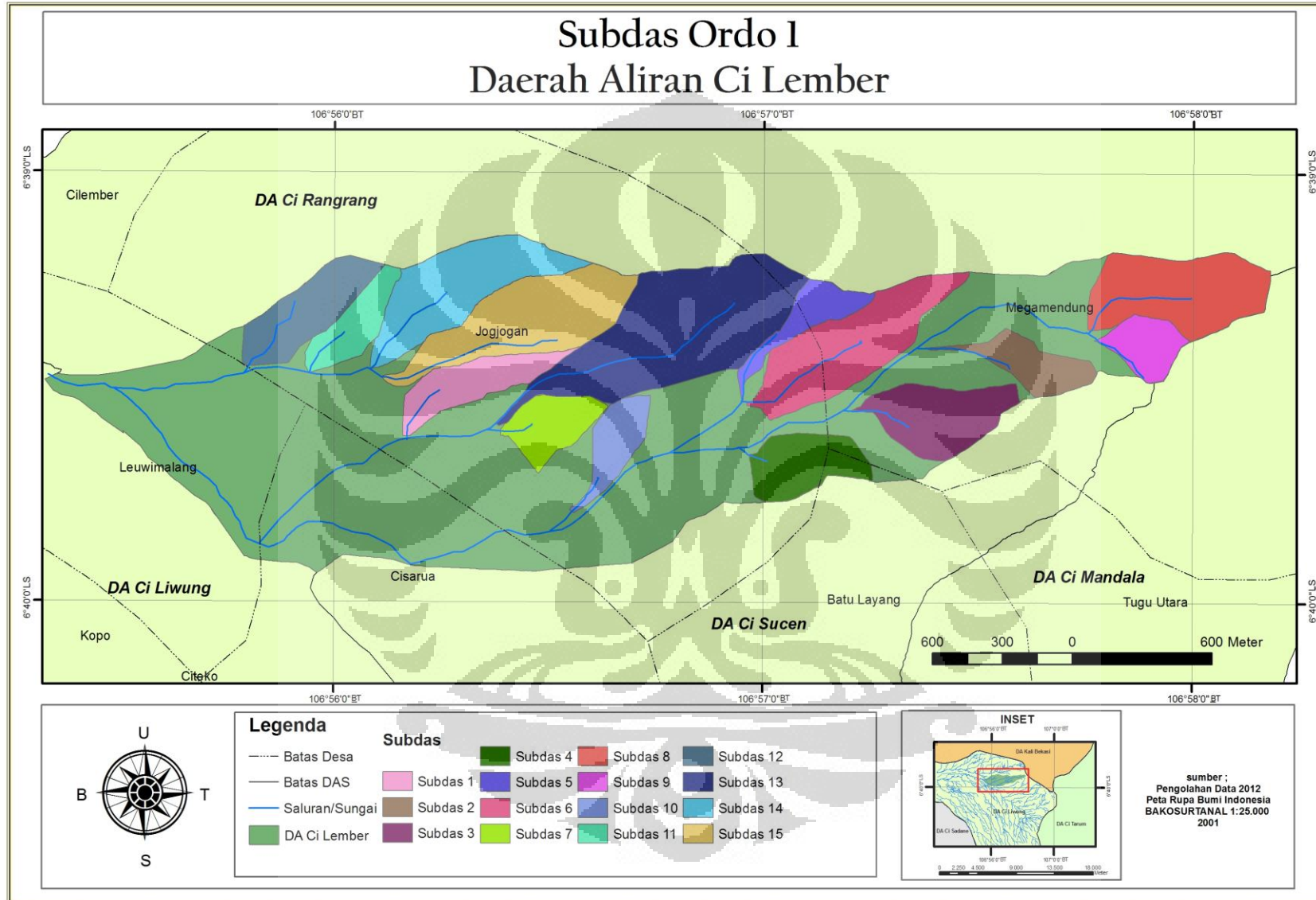
Sumber : hasil pengolahan data spasial,

Daerah Aliran Ci Lember berada di daerah administrasi Provinsi Jawa Barat, Kabupaten Bogor, dimana mencakup dua kecamatan yaitu Kecamatan Cisarua dan Kecamatan Megamendung dengan porsi 41 % berada di Kecamatan Megamendung pada bagian timur DAS dan 59 % berada di Kecamatan Cisarua pada bagian barat DAS. Secara umum Daerah Aliran Ci Lember mempunyai bentuk DAS memanjang dimana bentuk DAS memanjang mengindikasikan bahwa DAS tersebut merupakan wilayah kikisan.

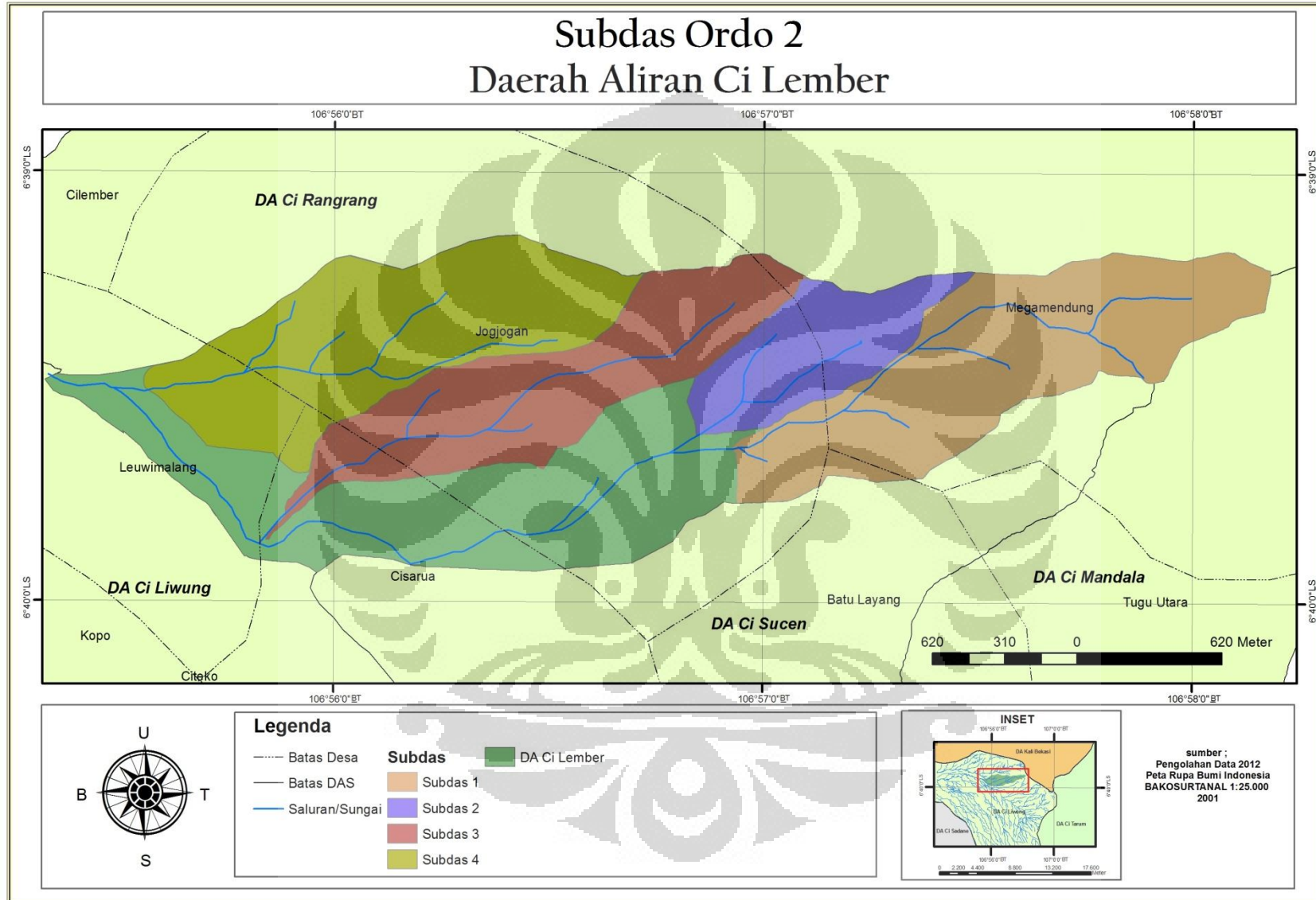
Administrasi Daerah Aliran Ci Lember



Peta 1 Administrasi Daerah Aliran Ci Lember



Peta 2 Sub-DAS Ordo 1 Daerah Aliran Ci Lember



Peta 3 Sub-DAS Ordo 2 Daerah Aliran Ci Lember

4.2 Topografi

4.2.1 Ketinggian

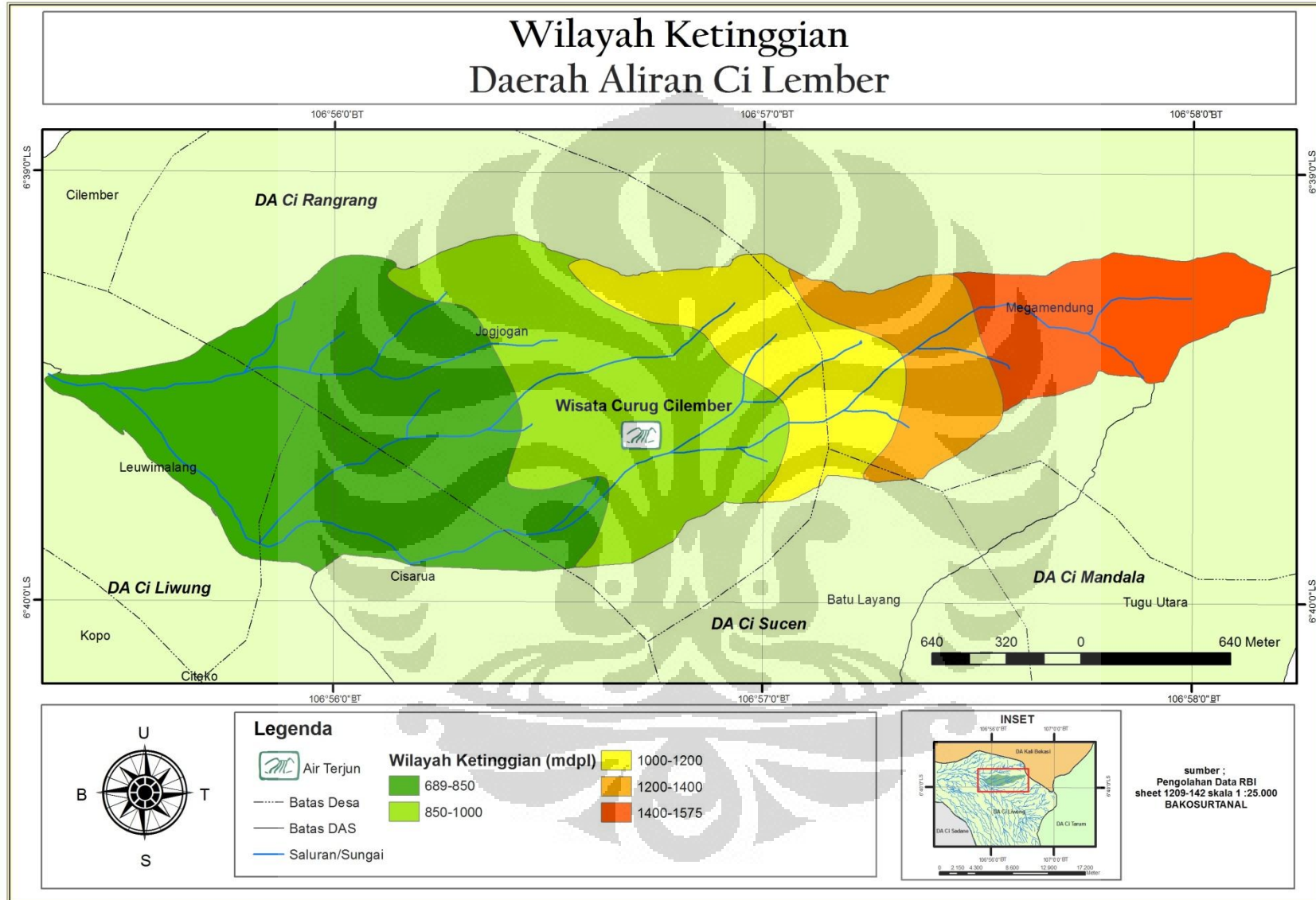
Faktor ketinggian memiliki pengaruh yang besar terhadap curah hujan yang turun di suatu daerah, umumnya di wilayah tropis seperti Indonesia semakin tinggi dari permukaan laut akan semakin besar curah hujannya (Sandy, 1998). Daerah Aliran Ci Lember memiliki titik tertinggi pada 1575 mdpl, sedangkan yang terendah pada ketinggian 689 mdpl, wilayah ketinggian diklasifikasikan menjadi 5 kelas yaitu kelas pertama yaitu wilayah ketinggian 689-850 mdpl, kelas kedua 850-1000 mdpl, kelas ketiga 1000-1200 mdpl, kelas keempat 1200-1400 mdpl, dan 1400-1575 mdpl dengan proporsi yang disajikan pada tabel dibawah ini;

Tabel.4.3 Luasan Wilayah Ketinggian

No	Ketinggian (mdpl)	Luas	
		Ha	Persentase (%)
1.	689-850	179	39,4
2.	850-1000	113	25,1
3.	1000-1200	61	14,2
4.	1200-1400	37	8,1
5.	1400-1575	58	13,2
	Total	449	100

Sumber: hasil pengolahan data spasial, 2012

Tabel sebelumnya menunjukkan bahwa wilayah ketinggian 689-850 mdpl menempati proporsi terbesar yaitu sebesar 39,4% sedangkan wilayah ketinggian yang menempati proporsi terkecil pada wilayah ketinggian 1200-1400 mdpl yaitu sebesar 8,1 %. Secara umum Daerah Aliran Ci Lember lebih banyak di wilayah ketinggian 689-850 sebesar 39,4 % sedangkan sisanya di atas 1000 mdpl.



Peta 4 Wilayah Ketinggian Daerah Aliran Ci Lember

4.2.2 Lereng

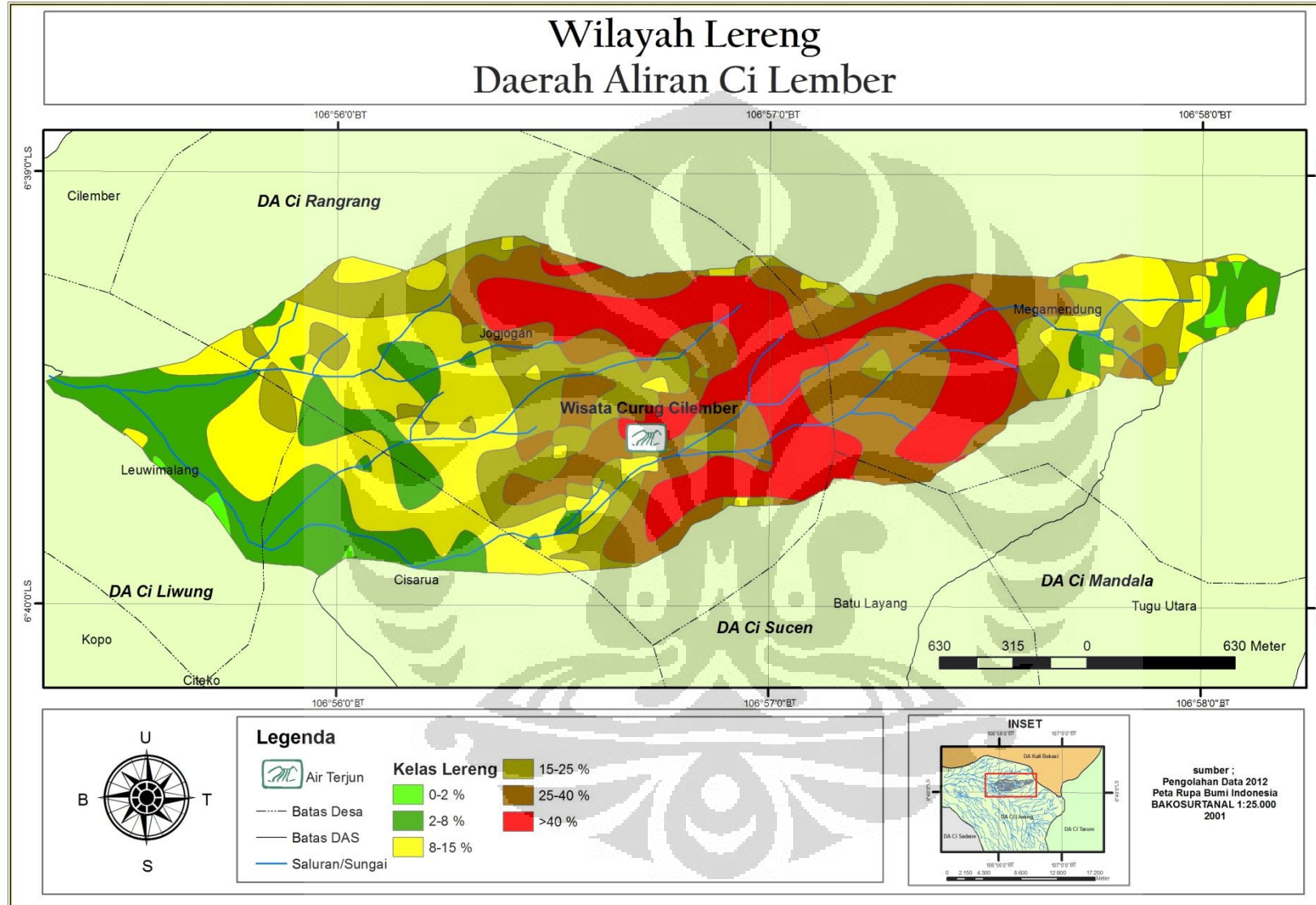
Faktor lereng sangatlah berperan dalam proses terjadinya erosi bahkan salah satu yang paling dominan. Pada kelerengan yang lebih besar potensi terjadinya erosi akan lebih besar pula karena kecepatan aliran permukaan yang semakin besar. Pengklasifikasian kelas lereng I Made Sandy, dengan membaginya sebanyak enam kelas yaitu kelas pertama 0-2%, kelas kedua 0-8%, kelas ketiga 8-15 %, kelas keempat 15-25 %, kelas kelima 25-40% serta kelas keenam lereng diatas 40 %. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel setelah ini;

Tabel.4.4 Persentase Wilayah Lereng

Lereng (%)	Luas	
	Ha (dibulatkan)	Persentase (%)
0-2	26	0,6
2-8	73	16,4
8-15	105	23,3
15-25	75	17
25-40	100	22,4
>40	90	20,1
Total	449	100

Sumber: hasil pengolahan peta RBI 1 :25.000, 2012

Tabel di atas menunjukkan bahwa dominasi terbesar wilayah kelerengan dari Daerah Aliran Ci Lember adalah wilayah kelerengan 8-15 % dengan proporsi sebesar 23,3% dan yang paling kecil persentasenya adalah pada wilayah kelerengan 0 -2% memiliki proporsi sebesar 0,6 % dari keseluruhan wilayah DAS.



Peta 5 Wilayah Lereng Daerah Aliran Ci Lember

4.3 Iklim

Faktor iklim adalah faktor terpenting yang menyebabkan terdispersinya agregat tanah, aliran permukaan dan erosi adalah hujan. Penyebaran hujan di muka bumi tidaklah merata, ada bagian yang mendapat curah hujan yang banyak dan ada pula yang sedikit. Begitu hujan jatuh ke bumi, air yang terkumpul bergerak ke arah tempat yang lebih rendah. dalam gerakannya itulah air selain melarutkan sesuatu juga mengikis tanah. Berdasarkan sistem klasifikasi Smith dan Ferguson yang didasarkan pada rasio bulan basah bulan kering, yaitu bulan basah (>200 mm) dan Bulan Kering (<100 mm) adalah termasuk Tipe Iklim A. Sedangkan berdasarkan klasifikasi Oldeman, tipe iklim di DAS Ciliwung Hulu termasuk tipe iklim B2 yang mempunyai 7-9 bulan basah berurutan dan 2-4 bulan kering dan tipe iklim yang mempunyai 5-6 bulan basah berurutan dan kurang dari 2 bulan kering.

Keadaan iklim di Daerah Aliran Ci Lember dapat diwakili oleh pengambilan data pada Stasiun Klimatologi Citeko (920 m dpl). Data hasil keluaran *cligen* yang terdapat pada *software* GeoWEPP pada periode tahun 1985-2004 di stasiun tersebut diperoleh data rata-rata bahwa suhu udara maksimum $25,67^{\circ}\text{C}$, suhu minimum $16,27^{\circ}\text{C}$. Curah hujan rata-rata bulanan dalam stasiun tersebut pada periode tahun 1985-2004 dalam terendah adalah bulan Juni dan Juli yaitu sebesar 11,8 mm/hari dan tertinggi pada bulan februari yaitu sebesar 19,05 mm/hari. Kelembaban udara rata-rata bulanan sebesar 83,7%, bulan terlembab adalah Februari sedangkan bulan Agustus merupakan terkering. Total evapotranspirasi rata-rata tahunan sebesar 1.298,1 mm. Evapotranspirasi (ETP) rata-rata bulanan tertinggi terjadi pada bulan Agustus (126,7 mm) dan terendah terjadi pada bulan Desember (84,8 mm).

4.4 Jenis Tanah dan Penggunaan Tanah

Berdasarkan Peta Tanah Semidetil Tahun 1992 skala 1:50.000 yang dikeluarkan oleh Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Bogor, beberapa jenis tanah di DAS Ciliwung Hulu adalah order Inceptisol (48%), Andosol (38,9%), Ultisol (11%), dan sisanya Entisol (2,1%). Di Daerah Aliran Ci Lember hanya terdapat satu jenis tanah yaitu jenis tanah andosol. Tanah Andosol merupakan

tanah peka erosi, dicirikan dengan segolongan tanah yang sudah mempunyai perkembangan profil, berwarna hitam agak kuning, solum tebal, bertekstur pasir, dan gembur di seluruh profil, permeabilitas sangat cepat dan peka terhadap erosi. Karena keterbatasan biaya dan waktu, dalam penelitian ini menggunakan sifat fisik tanah andosol mengacu pada naskah peta tanah eksplorasi Jawa & Madura yang diterbitkan oleh Lembaga Penelitian Tanah tahun 1969 dengan asumsi bahwa jenis tanah andosol yang terdapat di daerah penelitian tersebut memiliki sifat fisik tanah yang sama dengan jenis tanah yang terdapat dalam daerah penelitian penulis. Data sifat fisik tanah andosol bervariasi, namun untuk kepentingan *input* model GeoWEPP data sifat fisik tanah andosol tersebut dipilih nilai yang mewakili yaitu nilai rata-ratanya, diantaranya adalah kandungan pasir sebesar 24%, liat 13 % kandungan batuan 40 % dan bahan organik sebesar 14 % pada kedalaman solum sedalam 30 mm.

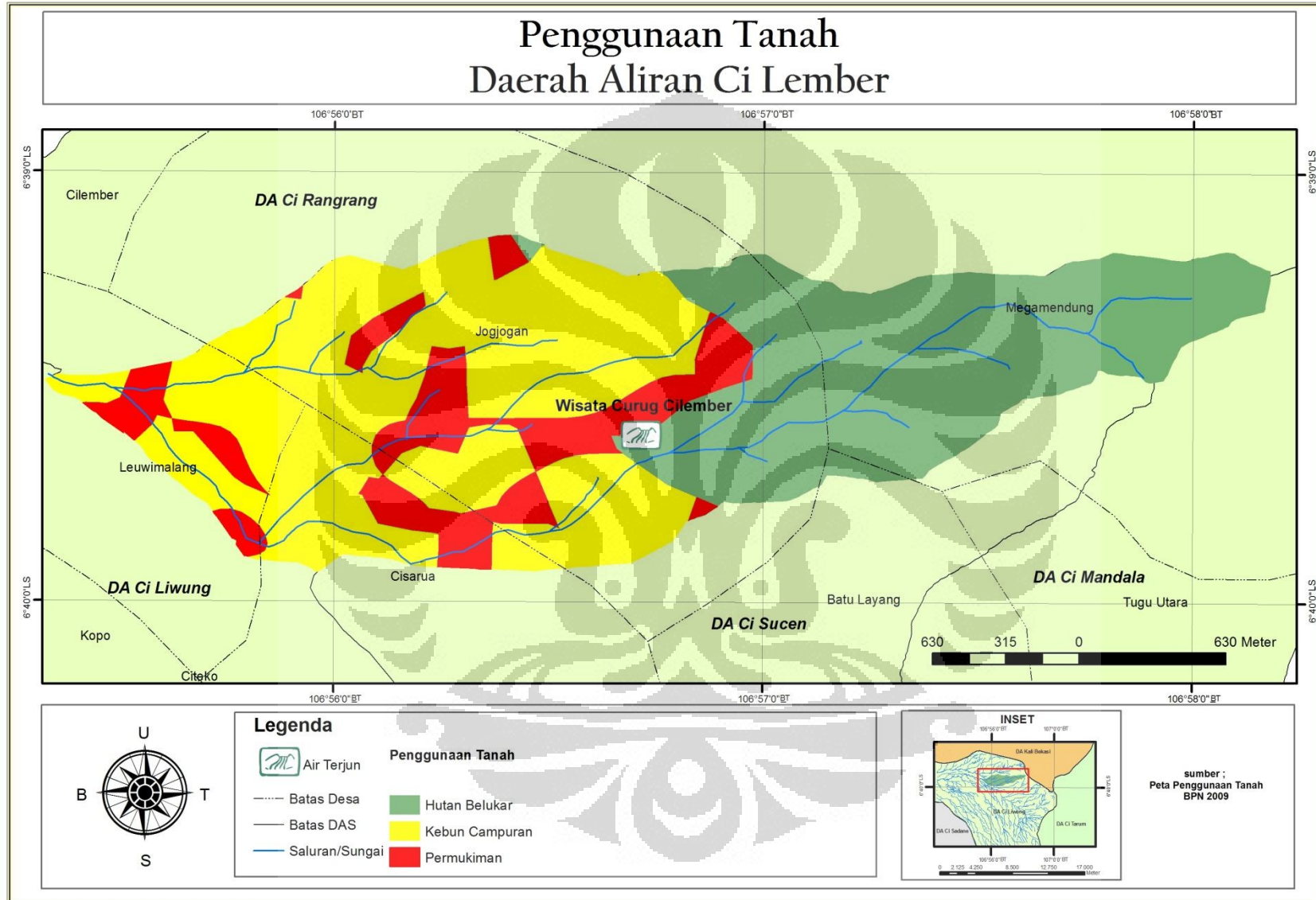
Mengacu pada peta penggunaan tanah keluaran Badan Pertanahan Nasional (BPN) tahun 2009 skala 1: 25.000 pada penggunaan lahan pedesaan terdapat jenis penggunaan tanah antara lain hutan, hutan belukar, hutan campuran, permukiman, perairan darat, tanah terbuka, padang, kebun campuran, persawahan, pertanian tanah kering, dan pertanian tanah kering semusim. Namun di Daerah Aliran Ci Lember hanya terdapat 3 jenis penggunaan tanah yaitu hutan belukar, kebun campuran dan permukiman, luasan dan persentase dari masing-masing jenis penggunaan tanah dapat dilihat pada tabel dibawah ini;

Tabel 4.5 Luasan dan Persentase Penggunaan Tanah

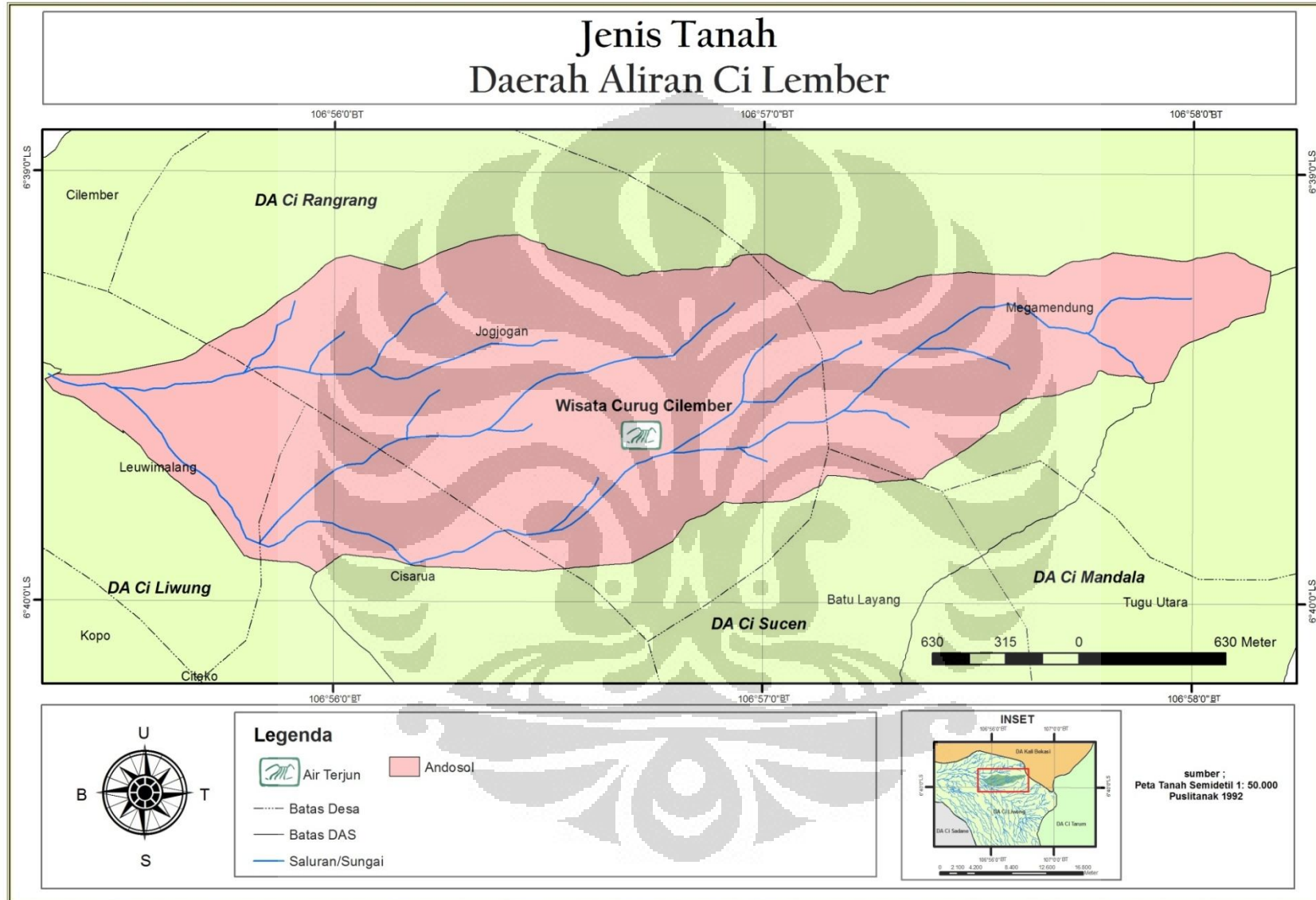
No	Penggunaan Tanah	Luas (dibulatkan)	
		Ha	Persentase (%)
1.	Hutan Belukar	207	46
2.	Kebun Campuran	157	35
3.	Permukiman	85	19
	Total	449	100

Sumber: hasil pengolahan peta penggunaan tanah BPN, 2012

Dari tabel yang telah dipaparkan sebelumnya terlihat yang menempati persentase terbesar adalah penggunaan tanah berupa hutan belukar sebesar 46,05%, besarnya persentase luasan hutan belukar di Daerah Aliran Ci Lember dikarenakan campur tangannya pemerintah mengenai usaha konservasi hutan pada kaki Gunung Gede Pangrango. Selain adanya campur tangan dari pemerintah mengingat terdapatnya obyek wisata alam berupa air terjun, membuat warga yang bertempat tinggal di Daerah Aliran Ci Lember memiliki pekerjaan, seperti berjualan souvenir, makanan atau sekedar petugas parkir yang lebih banyak berasal dari Desa Cilember dan Desa Jogjogan sehingga kesadaran karena membantu perekonomian warga sekitar membuat usaha konservasi menjadi lebih mudah untuk dilakukan. Pada wilayah ketinggian yang lebih rendah daripada kawasan hutan terdapat penggunaan tanah berupa perkebunan campuran dan permukiman. Pada wilayah permukiman selain rumah warga sekitar terdapat banyak villa-villa yang disewakan bagi para wisatawan yang ingin merasakan sejuknya iklim Cilember lebih lama.



Peta 6 Penggunaan Tanah Daerah Aliran Ci Lember



Peta 7 Jenis Tanah Daerah Aliran Ci Lember

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Kondisi iklim hasil pengolahan metode Cligen

Setelah melakukan tahapan yang dipaparkan pada bab metodologi penelitian, mengenai pemrosesan data iklim, metode Cligen dapat menampilkan gambaran mengenai iklim daerah yang bersangkutan. Data iklim yang dihasilkan antara lain adalah Curah hujan rata-rata bulanan, suhu maksimum dan minimum bulanan, bulan basah, curah hujan pada bulan basah dan bulan kering beserta kemungkinannya, intensitas hujan maksimum 30 menit dan radiasi matahari yang tertampil pada gambar dibawah ini.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Average Monthly Precip(mm)	463.55	438.15	356.36	307.34	246.89	145.29	134.11	158.50	220.47	279.91	350.52	408.43
Number of Wet Days	25	23	23	22	18	13	12	13	14	19	23	24
Average Monthly Max Temp(C)	23.98	24.01	24.94	25.41	25.58	25.44	25.35	25.72	25.87	25.67	25.16	24.67
Average Monthly Min Temp(C)	17.70	17.56	17.36	17.78	17.55	16.94	16.64	16.27	16.59	17.16	17.30	17.30
Average Precip on Wet Days(mm)	18.54	19.05	15.49	13.97	13.72	11.18	11.18	12.19	15.75	14.73	15.24	17.02
Probability of wet day following wet day	0.83	0.86	0.80	0.79	0.66	0.59	0.56	0.53	0.56	0.72	0.82	0.83
Probability of wet day following dry day	0.80	0.83	0.66	0.65	0.50	0.33	0.31	0.36	0.39	0.49	0.61	0.63
Solar Radiation (Langley/Day)*	30.00	94.00	256.00	418.00	459.00	473.00	398.00	277.00	194.00	102.00	37.00	16.00
Maximum 30 minute Intensity(mm/hr)*	11.94	8.38	7.87	6.86	6.86	12.45	12.70	25.15	15.49	10.16	8.89	9.65

Gambar 5.1 Tampilan iklim kontinu metode Cligen

Gambar di atas menunjukkan tampilan data iklim yang telah dibangun dengan menggunakan metode Cligen. Data yang dihasilkan antara lain Curah hujan rata-rata bulanan dan tahunan, temperatur maksimum dan minimum bulanan dari periode tahun, jumlah hari basah beserta kemungkinan hari basah diikuti oleh hari basah dan kemungkinan hari kering diikuti oleh hari kering, intensitas matahari, intensitas hujan maksimum dalam 30 menit, waktu untuk

mencapai intensitas hujan maksimum dan titik embun pada periode tahun 1985-2004. Radiasi matahari tertinggi terjadi pada Bulan Mei yaitu sebesar 459 langley/hari . Sedangkan untuk Temperatur maksimum tertinggi terjadi pada Bulan September yaitu sebesar 25,87°C dan terendah pada Bulan Januari dengan nilai sebesar 23,98°C. Untuk kemungkinan hari basah diikuti oleh hari basah terbesar terjadi pada Bulan Februari yaitu sebesar 0,86 atau 86%. Sedangkan untuk kemungkinan hari kering diikuti oleh hari kering terbesar terdapat pada Bulan Februari pula yaitu sebesar 0,83 atau 83%. Agar lebih jelas terbaca, beberapa data-data di atas akan disajikan dengan tampilan grafik seperti yang terlihat setelah ini.

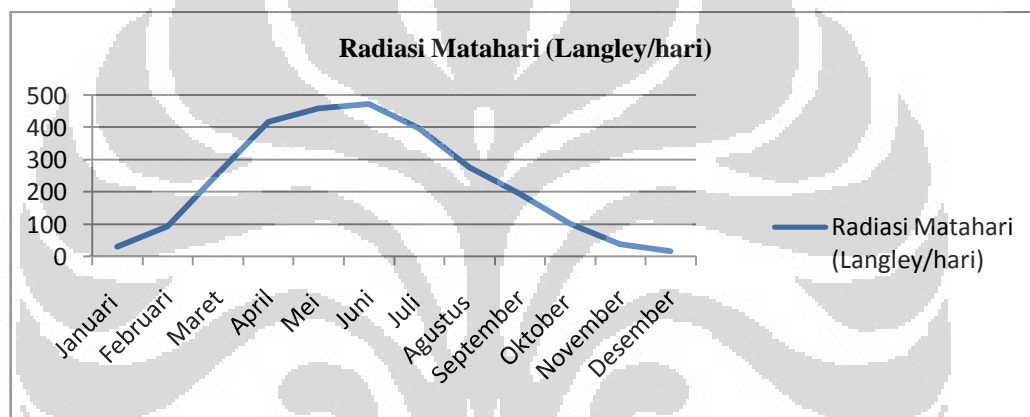


Diagram 5.1 Grafik Radiasi Matahari *output* Cligen periode tahun 1985-2004

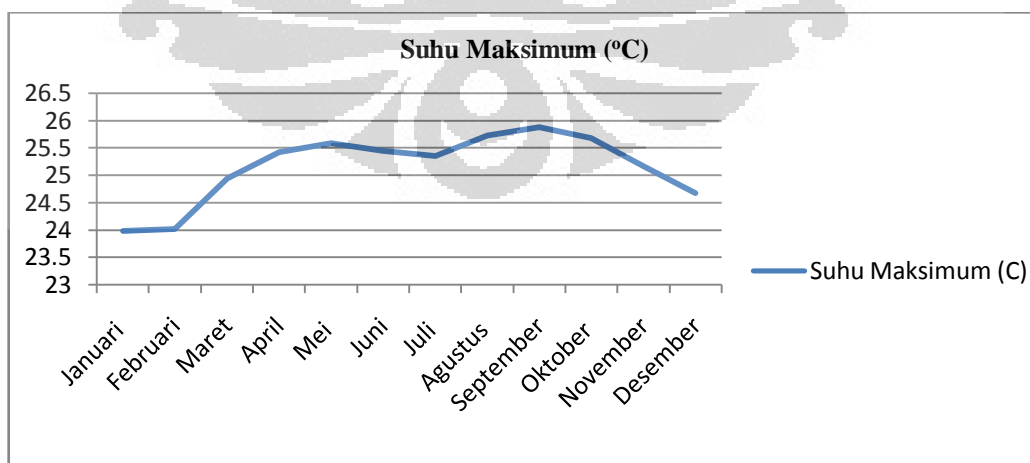


Diagram 5.2 Grafik Suhu Maksimum *output* Cligen periode tahun 1985-2004

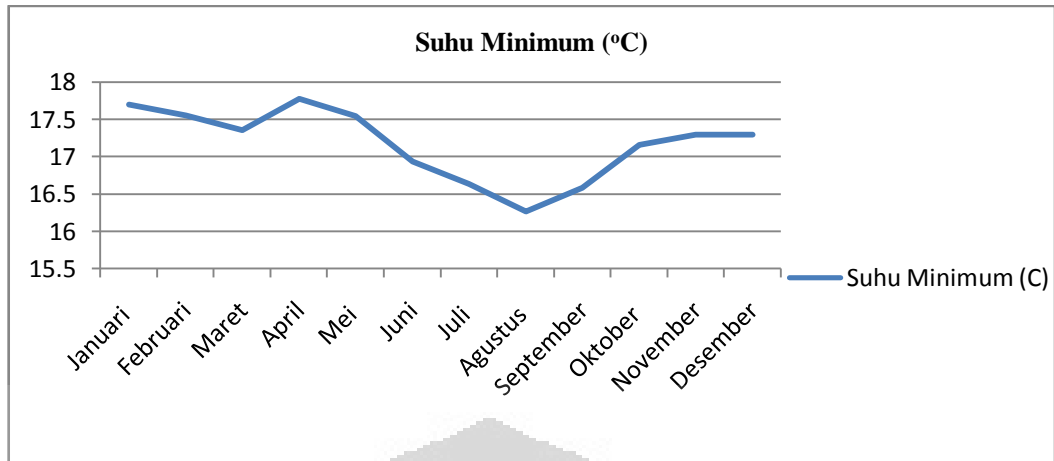


Diagram 5.3 Grafik Suhu Minimum *output* Cligen periode tahun 1985-2004

Curah hujan rata-rata tahunan yang didapat dari metode Cligen tersebut didapatkan hasil 3509,52 mm/tahun dengan Curah hujan tertinggi pada bulan Januari yaitu sebesar 463,55 mm/bulan dan curah hujan terendah pada bulan Juli yaitu sebesar 134,11 mm/bulan. Jika dilihat pada grafik rata-rata curah hujan bulanan dari keluaran *Cligen*, memiliki dua puncak hujan yaitu Bulan Januari dan Desember atau memiliki tipe iklim ekuatorial.

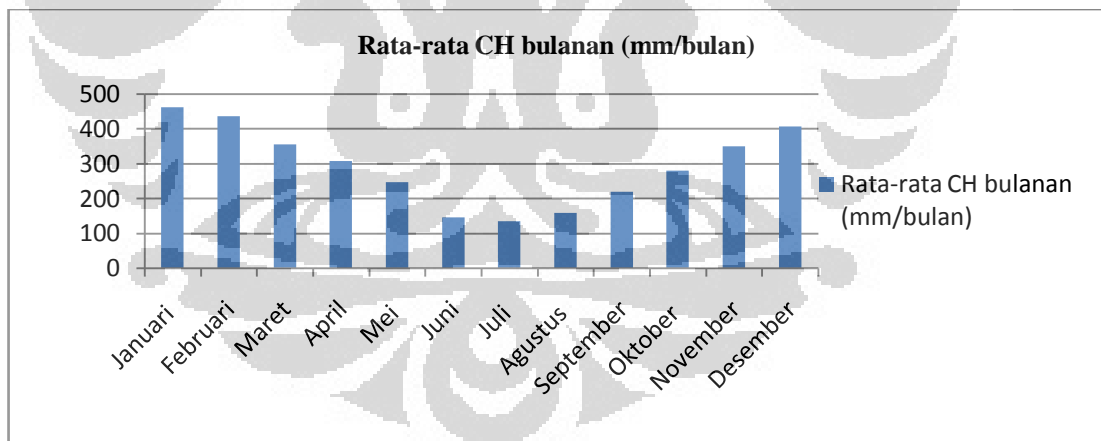


Diagram 5.4 Rata-rata Curah Hujan Bulanan *output* Cligen Periode tahun 1985-2004

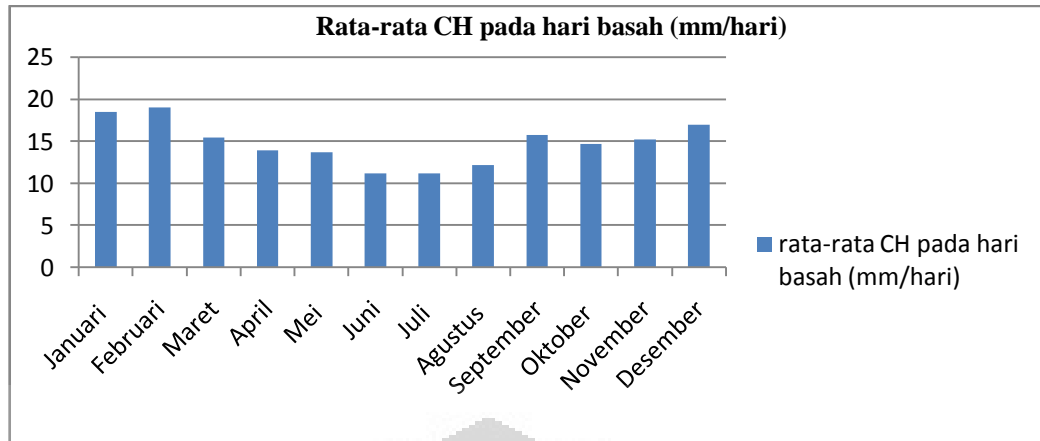


Diagram 5.5 Rata-rata Curah Hujan pada Hari Basah *output* Cligen periode tahun 1985-2004

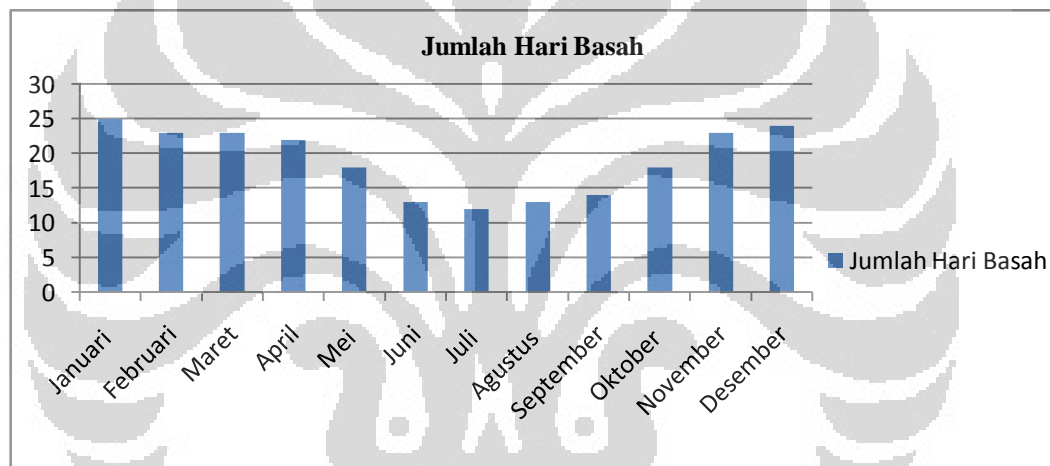


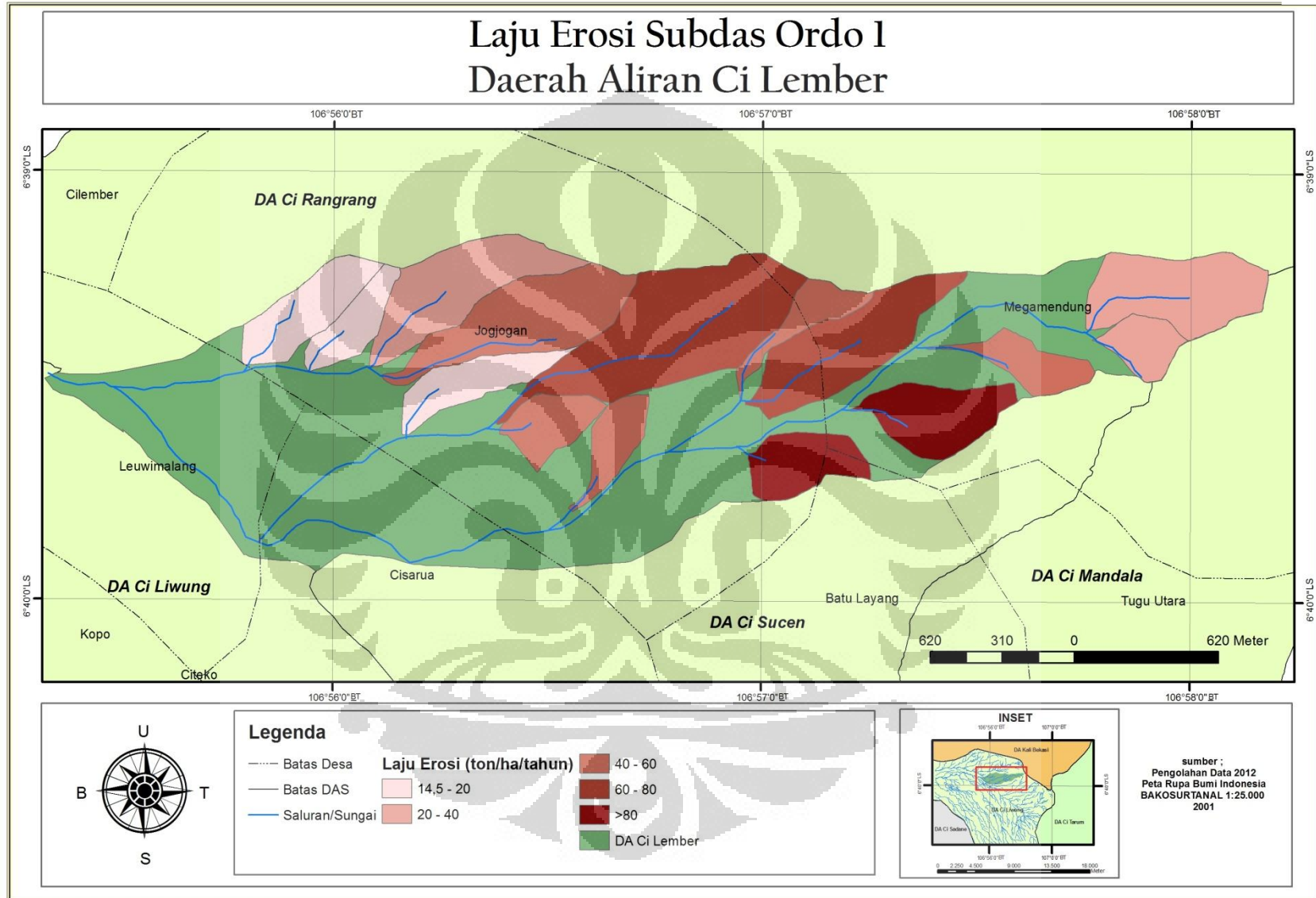
Diagram 5.6 Histogram Jumlah Hari Basah *output* Cligen periode tahun 1985-2004

Bulan dengan hari basah terbanyak adalah Bulan Januari dengan jumlah hari basah 25 hari sedangkan yang paling sedikit adalah Bulan Juli dengan jumlah hari basah tiap bulan sebesar 12 hari/bulan. Sedangkan rata-rata Curah Hujan pada hari basah dengan satuan mm/hari terjadi paling banyak pada Bulan Februari 19,05 mm/hari dan yang paling rendah pada Bulan Juni dan Bulan Juli sebesar 11,18 mm/hari. Intensitas Hujan 30 menit tertinggi terdapat pada Bulan Agustus yakni sebesar 25,15 mm/jam.

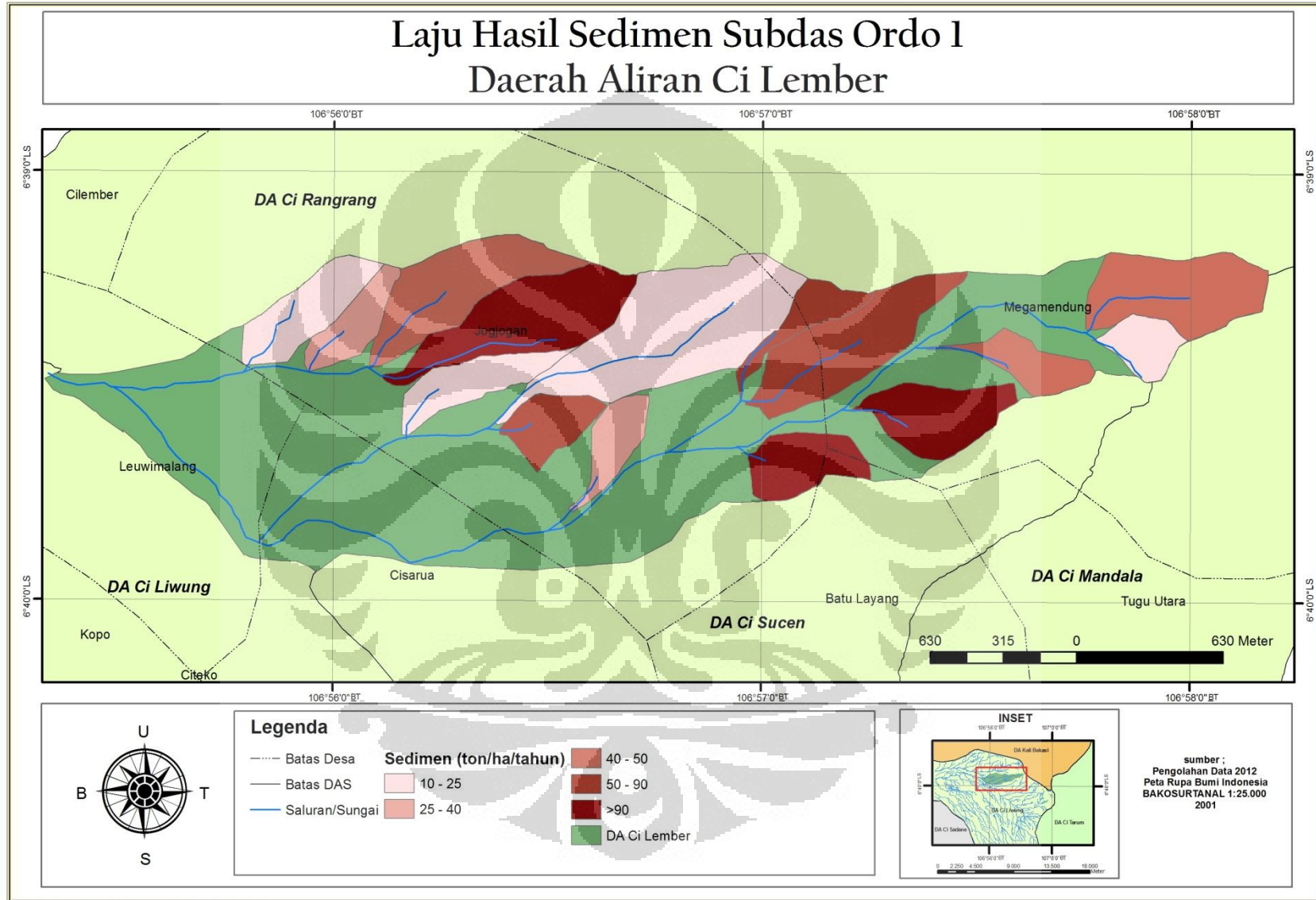
5.2 Distribusi Laju Erosi dan Hasil Sedimen

Besaran erosi dan hasil sedimen yang dinyatakan dalam ton/tahun dari model GeoWEPP dihitung secara keseluruhan DAS juga per masing-masing Sub-DAS ordo 1 dan ordo 2. Besaran erosi menurut model GeoWEPP yang terdapat di Daerah Aliran Ci Lember secara keseluruhan sebesar 18543,7 ton/tahun atau 41,3 ton/ha/tahun. Sementara itu besaran hasil sedimen yang terjadi pada Daerah Aliran Ci Lember secara keseluruhan sebesar 56004 ton/tahun, nilai ini tiga kali lipat lebih besar dibandingkan dengan laju erosinya dengan rata-rata per hektar untuk laju hasil sedimen adalah sebesar 124,7 ton/ha/tahun, hal ini berarti bahwa pengaruh *off-site* atau dampak kepada pendangkalan sungai/waduk dan penurunan kualitas air dari erosi yang terjadi pada daerah aliran Ci Lember lebih besar dibandingkan dengan pengaruh *in-site* atau kepada penurunan kesuburan tanahnya. Jika menggunakan hasil penelitian Hardjowigeno (Arsyad, 2000) dapat ditetapkan besarnya T maksimum untuk tanah-tanah di Indonesia adalah 10 ton/ha/tahun, yaitu untuk tanah dalam dengan lapisan bawah (*subsoil*) yang permeabel dengan substratum yang tidak terkonsolidasi (telah mengalami pelapukan), maka tingkat bahaya erosi yang terdapat di daerah aliran Ci Lember tergolong kategori tinggi. Besaran erosi dan hasil sedimen dari model GeoWEPP pada masing-masing Sub-DAS ordo1 dapat dilihat pada lampiran 1 pada bagian lampiran.

Berdasarkan besaran laju erosi keluaran model sangat bervariasi pada Sub-DAS ordo 1. Laju erosi terbesar terdapat pada Sub-DAS 4 yang mencapai 106,3 ton/ha/tahun sedangkan yang terendah adalah pada Sub-DAS 13 dengan besaran laju erosi sebesar 14,5 ton/ha/tahun, dengan begitu jika bepegang pada penetapan laju erosi wajar adalah 10 ton/ha/tahun maka dapat disimpulkan bahwa seluruh Sub-DAS ordo 1 yang berada di Daerah Aliran Ci Lember berada di atas batas wajar. Sedangkan untuk laju hasil sedimen pada Sub-DAS ordo 1 juga besarnya bervariasi yaitu jangkauan antara besaran laju hasil sedimen pada Sub-DAS ordo 1 sebesar 128,2 dengan laju hasil sedimen terbesar terdapat pada Sub-DAS 15 yaitu sebesar 138,5 ton/ha/tahun dan Sub-DAS 1 dengan laju hasil sedimen yang terkecil sebesar 10,3 ton/ha/tahun.



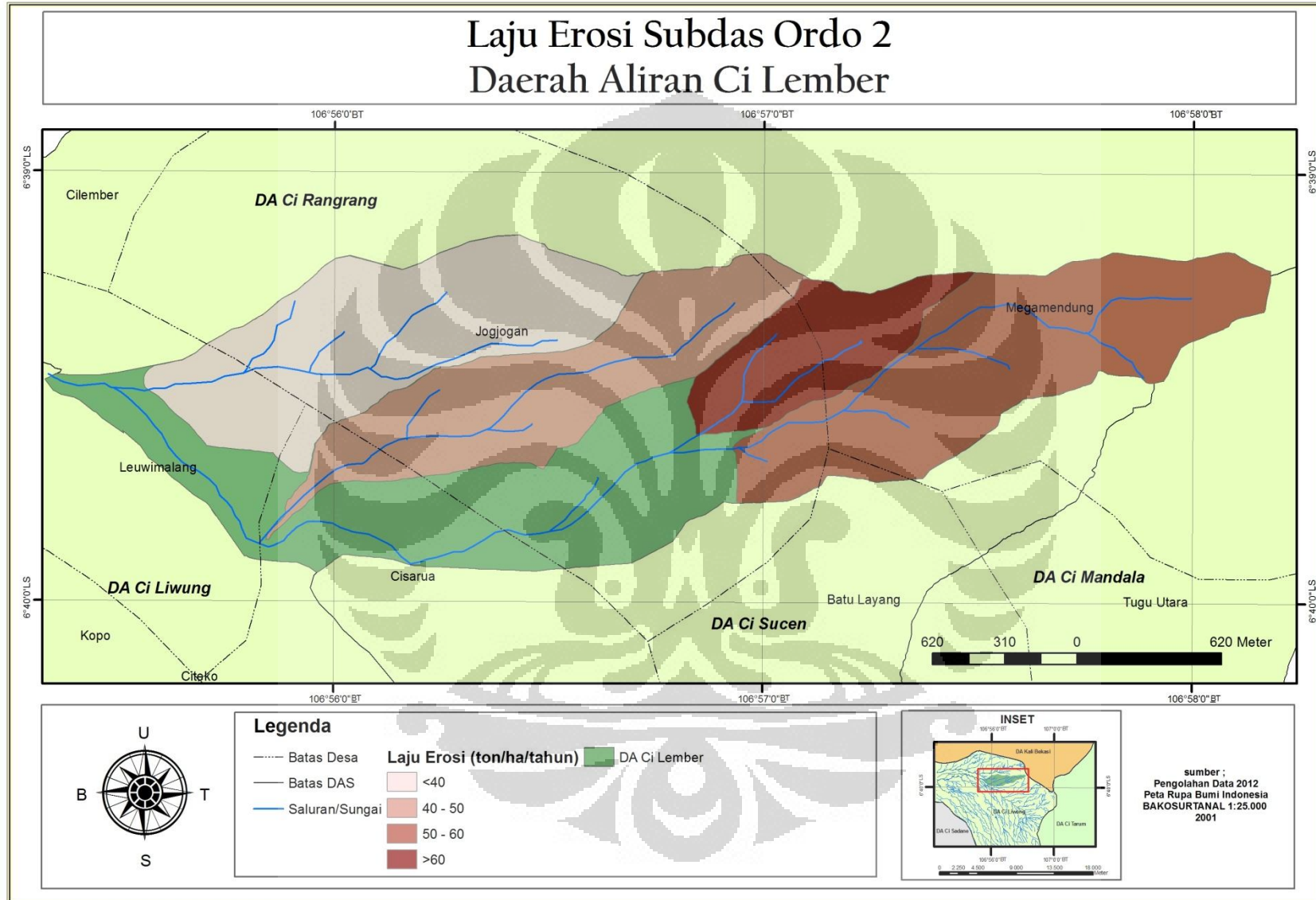
Peta 8 Laju Erosi Sub-DAS Ordo 1 Daerah Aliran Ci Lember



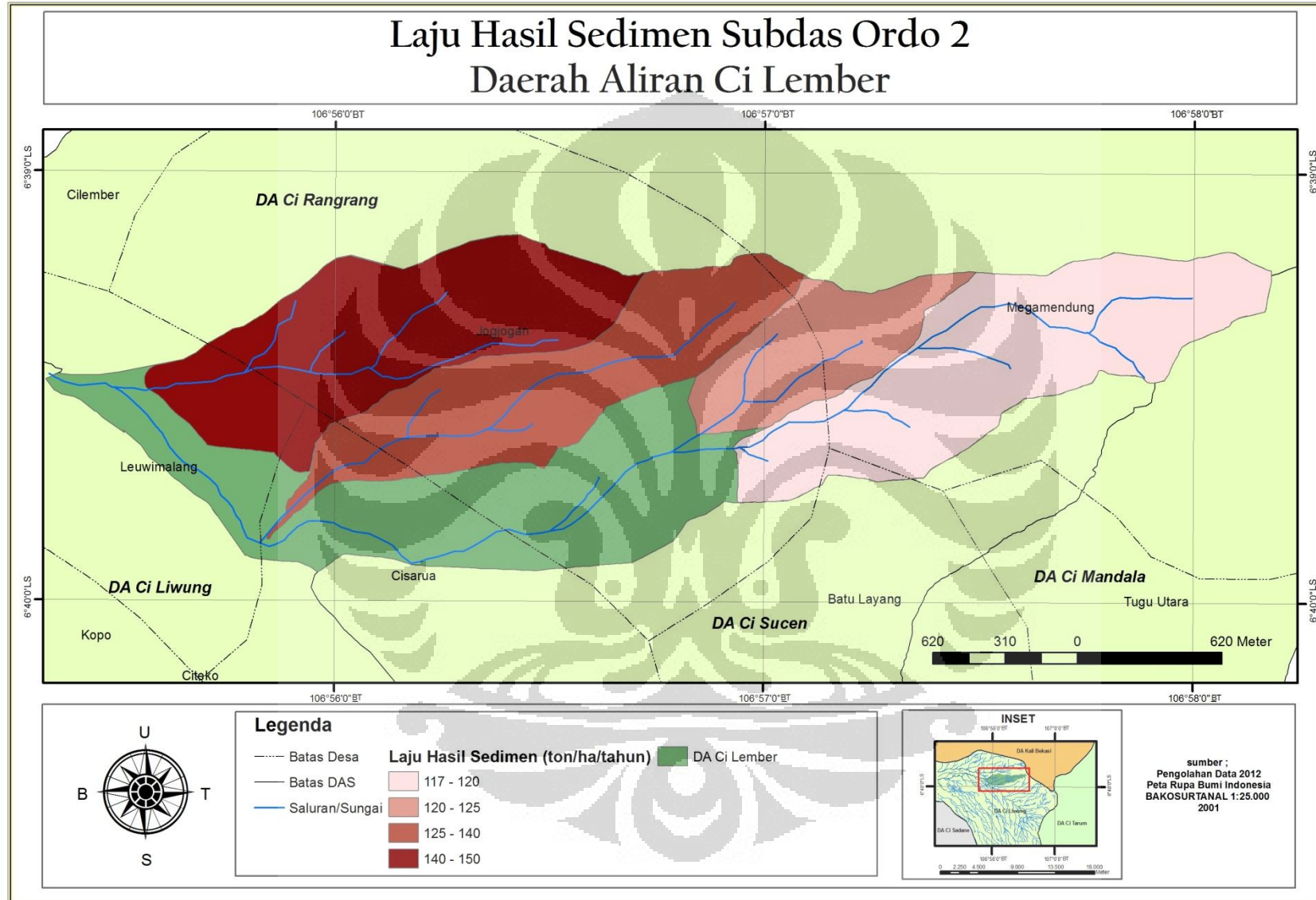
Peta 9 Laju Hasil Sedimen Daerah Sub-DAS Ordo 1 Aliran Ci Lember

Selanjutnya adalah pembahasan mengenai besaran laju erosi dan hasil sedimen yang terdapat di Sub-DAS ordo 2 yang dapat dilihat pada lampiran 2 pada bagian lampiran. Jika dilihat besaran laju erosi total pada Sub-DAS ordo 2 jelas jauh lebih besar dibanding ordo 1 karena memang memiliki luasan yang jauh lebih besar. Sub-DAS ordo 2 yang memiliki laju erosi tertinggi terdapat pada Sub-DAS 2 dengan laju erosi sebesar 75,4 ton/ha/tahun sedangkan yang terkecil terdapat pada Sub-DAS 1 dengan laju erosi sebesar 30,8 ton/ha/tahun. dapat disimpulkan bahwa seluruh Sub-DAS ordo 2 yang berada di Daerah Aliran Ci Lember berada di atas batas wajar. Rentang data pada besaran laju erosi yang terdapat Sub-DAS ordo 2 tergolong lebih kecil dibandingkan dengan variansi yang terdapat pada Sub-DAS ordo 1 yaitu dengan rentang antara nilai tertinggi dan terendah sebesar 44,6 ton/ha/tahun. Sedangkan untuk laju hasil sedimen pada Sub-DAS ordo 2 terbesar terdapat pada Sub-DAS 4 dengan nilai sebesar 150,6 ton/ha/tahun sedangkan yang terkecil terdapat pada Sub-DAS 1 sebesar 117,3 ton/ha/tahun. Rentang data laju hasil sedimen pada Sub-DAS ordo 2 sebesar 33,3 ton/ha/tahun. Pada Sub-DAS ordo 2 rentang data laju erosi lebih besar dibandingkan dengan laju hasil sedimen dengan selisih 11,3 ton/ha/tahun.

Terdapat perbedaan antara rentang data laju erosi dan laju hasil sedimen pada Sub-DAS ordo 1 dengan Sub-DAS ordo 2, yaitu untuk Sub-DAS ordo 1 rentang data laju erosi lebih kecil dibandingkan dengan laju hasil sedimennya. Sedangkan untuk Sub-DAS ordo 2 rentang data laju hasil erosi lebih besar dibandingkan dengan laju hasil sedimennya. Pada Sub-DAS ordo 1 dan Sub-DAS ordo 2 memiliki pola yang sama yaitu besaran laju hasil sedimen memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan laju erosinya. Gambaran mengenai persebaran laju erosi pada Sub-DAS ordo 2 dapat dilihat pada peta 10 pada halaman 57 dan persebaran laju hasil sedimen Sub-DAS ordo 2 dapat dilihat pada peta 11 pada halaman 58.



Peta 10 Laju Erosi Sub-DAS Ordo 2 Daerah Aliran Ci Lember



Peta 11 Laju Hasil Sedimen Sub-DAS Ordo 2 Daerah Aliran Ci Lember

5.3 Distribusi Tingkat Bahaya Erosi (TBE)

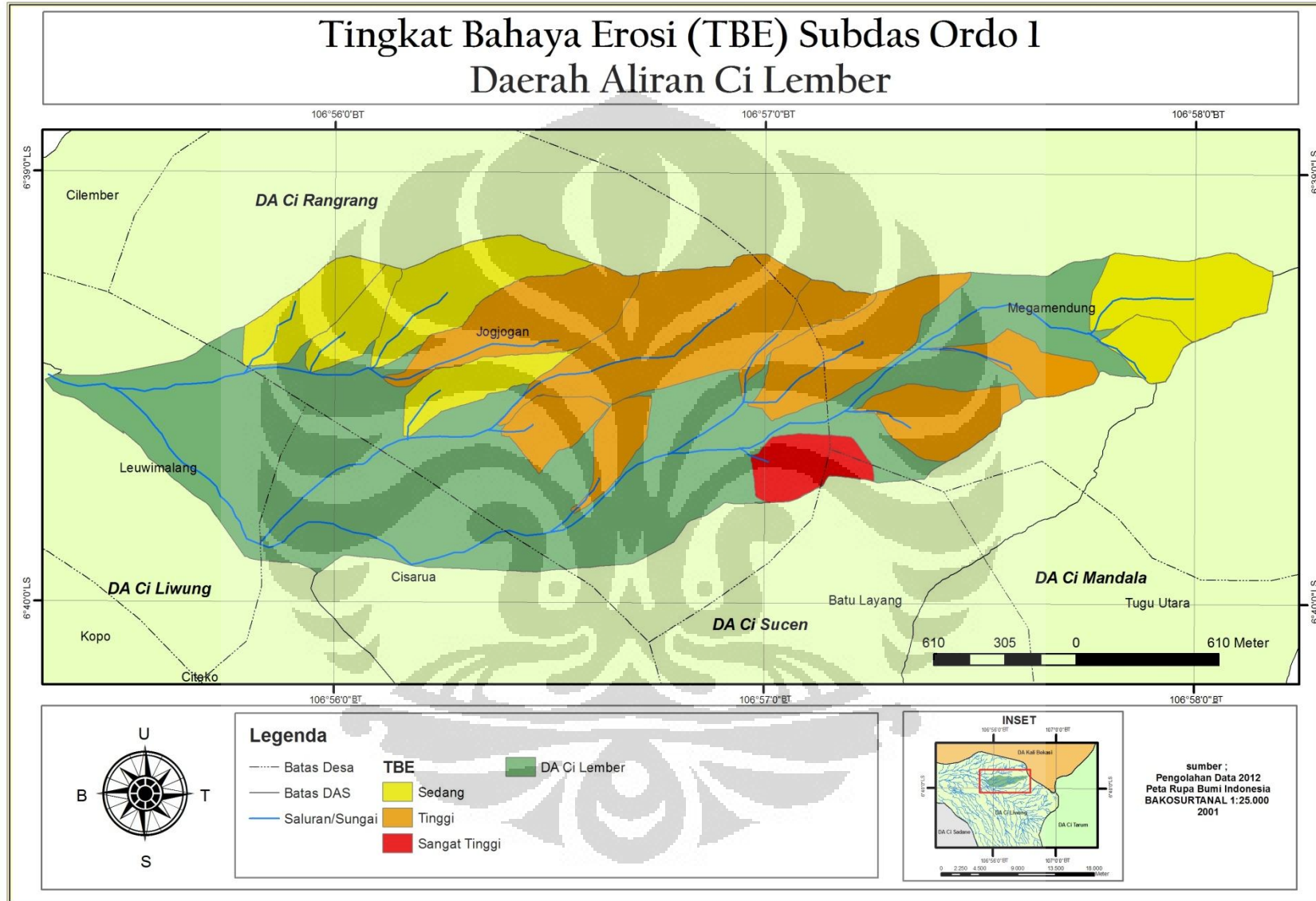
Tingkat bahaya erosi yang mengacu kepada Hammer yaitu dengan menggunakan perhitungan $TBE = \text{Laju Erosi (ton/ha/tahun)}/\text{Laju Erosi Wajar (ton/ha/tahun)}$, dengan menggunakan laju erosi wajar sebesar 10 ton/ha/tahun, lalu digolongkan berdasarkan kriteria yang tercantum pada Tabel 1. berikut dibawah ini terlampir tabel dan gambar Tingkat Bahaya Erosi untuk Ordo 1 dan Ordo 2.

Tabel.5.3 Indeks dan Kriteria TBE Sub-DAS ordo 1

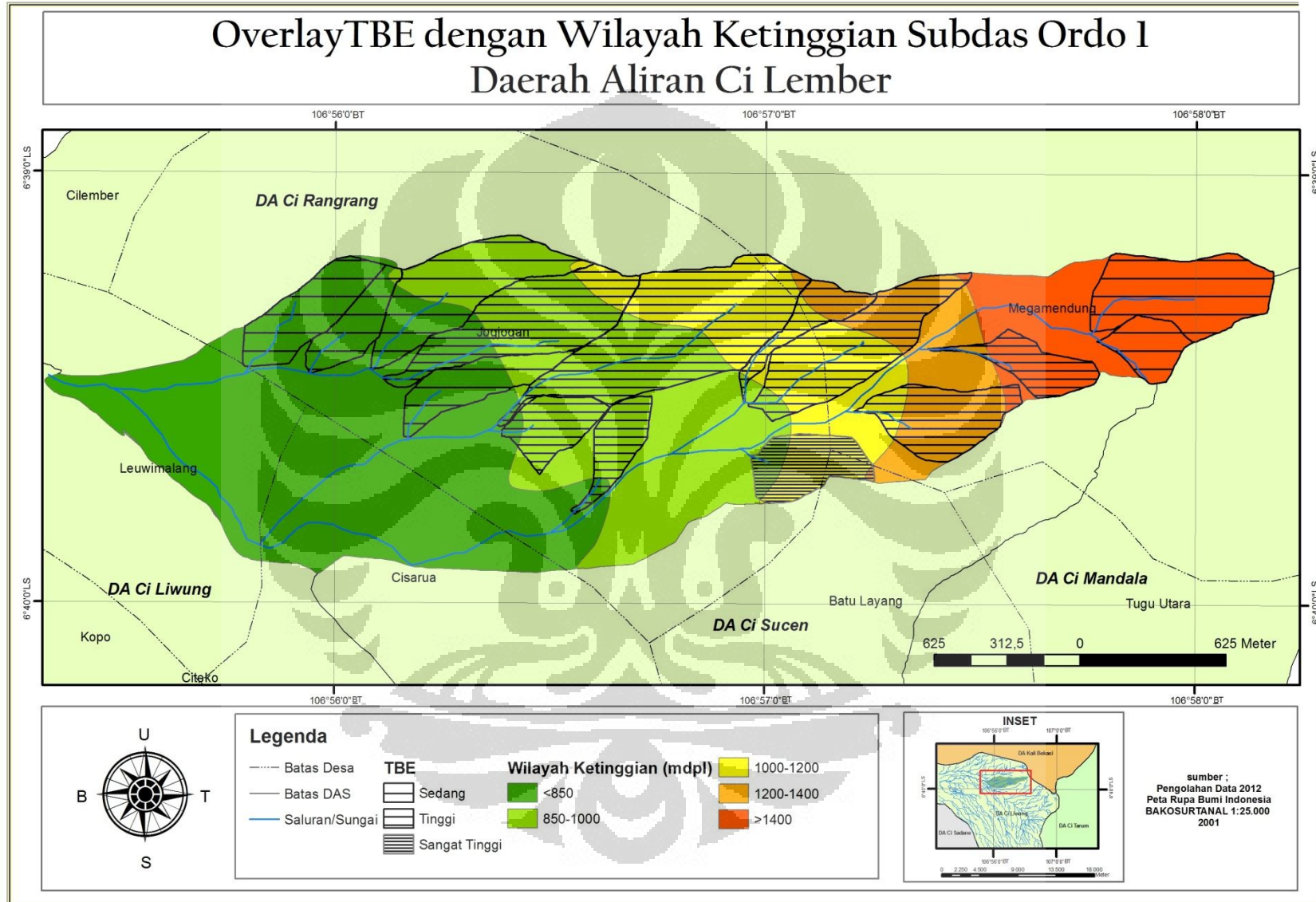
Sub-DAS	Indeks TBE	Kriteria TBE
1	1,9	Sedang
2	4,7	Tinggi
3	9,7	Tinggi
4	10,6	Sangat Tinggi
5	5,1	Tinggi
6	7,6	Tinggi
7	8,1	Tinggi
8	4,6	Tinggi
9	2,5	Sedang
10	2,8	Sedang
11	4,6	Tinggi
12	2,0	Sedang
13	1,5	Sedang
14	3,9	Sedang
15	6,1	Tinggi

Sumber : hasil pengolahan data spasial, 2012

Interpretasi antara Tingkat Bahaya Erosi dengan Wilayah ketinggian pada Sub-DAS Ordo 1 Daerah Aliran Ci lembur menunjukkan bahwa Tingkat Bahaya Erosi kategori Tinggi dan Sangat Tinggi lebih tersebar pada ketinggian antara >850 mdpl, terlihat pada peta dengan warna merah untuk kategori sangat tinggi dan coklat untuk kategori tinggi sedangkan Tingkat Bahaya Erosi kategori rendah tersebar pada wilayah ketinggian 685-850 mdpl yang terlihat pada peta 10 berwarna kuning, peta hasil overlay antara tingkat bahaya erosi Sub-DAS ordo 1 dengan wilayah ketinggian dapat dilihat pada peta 12.



Peta 12 Tingkat Bahaya Erosi Sub-DAS Ordo 1 Daerah Aliran Ci Lember



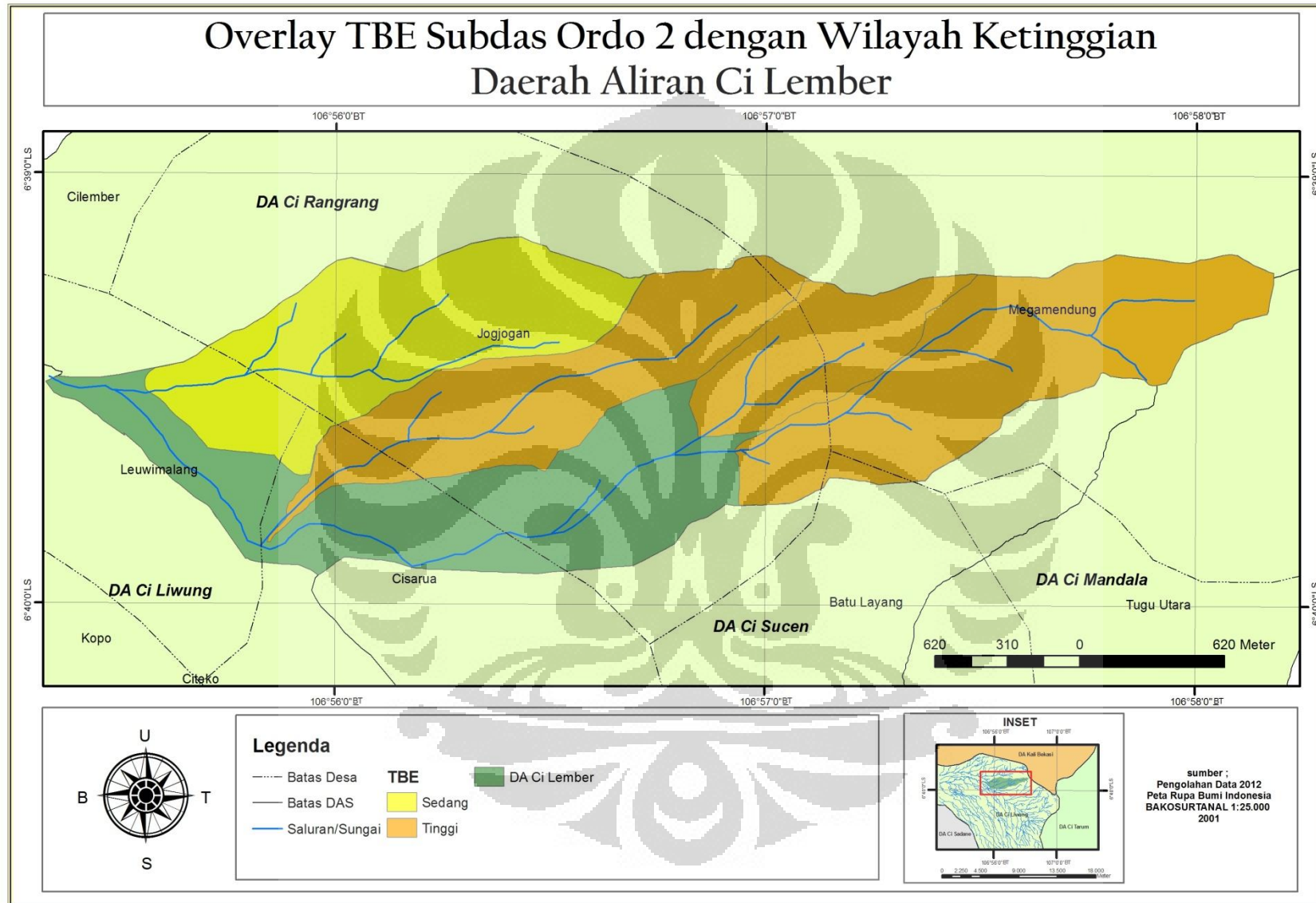
Peta 13 Overlay Tingkat Bahaya Erosi (TBE) dengan Wilayah Ketinggian

Tabel.5.4 Indeks dan Kriteria TBE Sub-DAS ordo 2

Sub-DAS	Indeks TBE	Kriteria TBE
1	6,0	Tinggi
2	7,5	Tinggi
3	4,9	Tinggi
4	3,1	Sedang

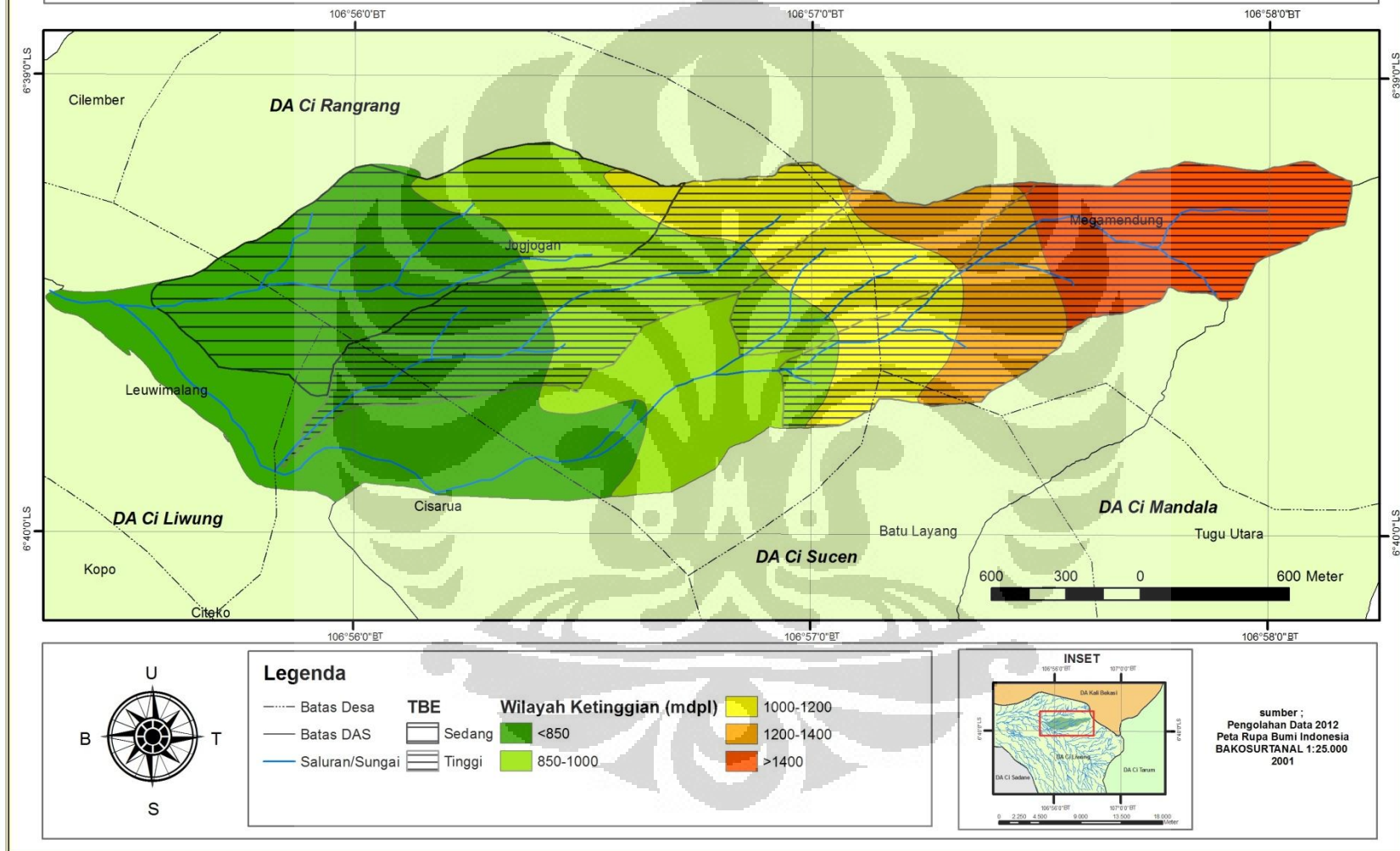
Sumber : hasil pengolahan data spasial, 2012

Interpretasi antara Tingkat Bahaya Erosi dengan Wilayah ketinggian pada Sub-DAS Ordo 2 Daerah Aliran Ci Lember hanya terdapat dua kelas kategori yaitu kategori sedang dan tinggi, hasil interpretasi secara kualitatif menunjukkan pola yang hampir mirip dengan pola tingkat bahaya erosi dengan wilayah ketinggian pada orde 1 hanya terdapat sedikit perbedaan yaitu luasan tingkat bahaya erosi kategori sedang menjadi lebih besar karena mengikuti luasan dari Sub-DAS ordo 2 yang lebih besar dibandingkan Sub-DAS ordo 1. Tingkat bahaya erosi kategori tinggi lebih banyak tersebar pada ketinggian antara 850-1400 mdpl, terlihat pada peta dengan warna merah sedangkan tingkat bahaya erosi kategori sedang tersebar pada wilayah ketinggian <850 mdpl yang terlihat pada peta berwarna kuning. Variasi tingkat bahaya erosi jika diasosiasikan pada Sub-DAS ordo 2 memang tidak terlihat secara jelas dikarenakan Sub-DAS ordo 2 yang terdapat dalam Daerah Aliran Ci Lember hanya terdapat 4 wilayah Sub-DAS. Namun jika dilihat, dominasinya klasifikasi tingkat bahaya erosi lebih banyak yang berkategori tinggi dibandingkan dengan dengan kategori sedang, dimana 3 dari 4 wilayah Sub-DAS ordo 2 berkategori tingkat bahaya erosi tinggi sedangkan hanya 1 wilayah Sub-DAS ordo 2 yang berkategori tingkat bahaya erosi rendah. Peta hasil overlay antara tingkat bahaya erosi Sub-DAS ordo 2 dengan wilayah ketinggian dapat dilihat pada lampiran peta.14.



Peta.14 Tingkat Bahaya Erosi Sub-DAS Ordo 2 Daerah Aliran Ci Lember

Overlay TBE Subdas Ordo 2 dengan Wilayah Ketinggian Daerah Aliran Ci Lember



Peta.15 Overlay Tingkat Bahaya Erosi Sub-DAS Ordo 2 dengan Wilayah Ketinggian

5.4 Kaitan Rasio Bentuk DAS terhadap Besaran Erosi dan Hasil Sedimen

Pada bagian ini untuk dapat menjawab pertanyaan masalah, penulis mencoba mengaitkan antara rasio bentuk DAS dengan besaran laju erosinya. Penulis tidak mengaitkannya dengan jenis tanah, penggunaan tanah dan kelerengan karena sudah merupakan *input* dari model GeoWEPP. Pada bagian ini akan diketahui dengan menggunakan uji statistik *pearson product moment* apakah ada kaitan antara rasio bentuk DAS dengan besaran laju erosinya, dan hubungan seperti apa yang terjadi. Rasio bentuk DAS dalam hal ini menggunakan dua parameter yaitu rasio memanjang dan rasio membulat DAS.

5.4.1 Kaitan Rasio Memanjang DAS terhadap Besaran Erosi dan Hasil sedimen

Perhitungan indeks rasio dengan besaran laju erosi dan hasil sedimennya di seluruh Sub-DAS ordo yang mungkin yang terdapat di Daerah Ci Lember, hasil perhitungan tersebut tercantum pada tabel pada lampiran 1. Uji korelasi dengan bantuan *software* SPSS 13 dengan metode Pearson didapatkan hasil koefisien korelasi sebesar 0,015 signifikan pada 0,05, jika dibandingkan dengan tabel r untuk $n=30$ yaitu 0,349, nilai koefisien korelasi lebih kecil yang artinya tidak terdapat hubungan antara rasio memanjang DAS dengan besaran laju erosinya.

Sementara untuk besaran laju hasil sedimen dikaitkan dengan indeks memanjang dari DAS didapatkan hasil koefisien korelasi sebesar -0,158 signifikan pada $\alpha = 0,05$, nilai koefisien korelasi mutlak lebih kecil dari nilai tabel yang berarti bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara indeks memanjang dengan laju hasil sedimennya.

5.4.2 Kaitan Rasio Membulat DAS terhadap Besaran Erosi

Untuk menguji apakah ada hubungan antara rasio membulat dengan besaran laju erosi data yang digunakan adalah perhitungan indeks rasio dengan besaran laju erosinya seluruh ordo yang terdapat di Daerah Ci Lember, hasil perhitungan tersebut tercantum pada lampiran 2.

Uji korelasi dengan bantuan *software* SPSS 13 dengan metode Pearson didapatkan hasil koefisien korelasi sebesar -0,541 signifikan pada $\alpha = 0,01$, jika dibandingkan dengan tabel r untuk $n=30$ yaitu 0,349, nilai koefisien korelasi lebih besar yang artinya terdapat hubungan yang signifikan antara rasio membulat DAS dengan besaran laju erosinya. Dengan kata lain dapat disimpulkan bahwa 30% variasi laju erosi berasosiasi dengan besaran rasio membulat suatu DAS dengan perbandingan yang terbalik.

Sementara untuk besaran laju hasil sedimen dikaitkan dengan indeks membulat dari DAS didapatkan hasil koefisien korelasi sebesar -0,587 signifikan pada $\alpha = 0,01$, nilai koefisien korelasi mutlak lebih besar dari nilai tabel yang berarti bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara indeks membulat dengan laju hasil sedimennya. Dengan kata lain dapat disimpulkan bahwa 33% variasi hasil sedimen berasosiasi dengan besaran rasio membulat suatu DAS dengan perbandingan terbalik.

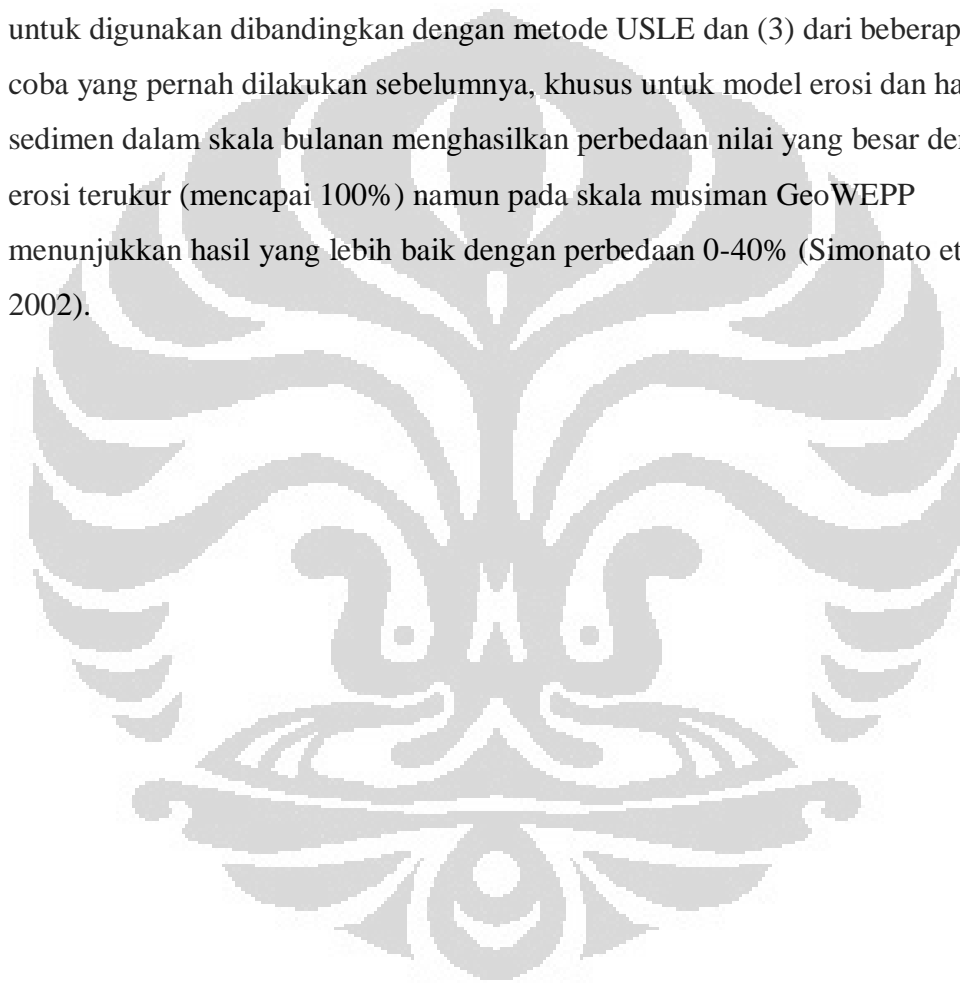
5.5 Perbandingan pendugaan besaran erosi model GeoWEPP Ci Lember dengan berbagai penghitungan erosi.

Berdasarkan laporan akhir rencana pengelolaan DAS terpadu DAS Ciliwung bagian Hulu didapatkan informasi mengenai prediksi laju erosi, prediksi tersebut dengan menggunakan model USLE. Dari laporan tersebut didapatkan informasi bahwa prediksi erosi di Ci Liwung bagian Hulu dalam rentang 20-43 ton/ha/tahun. Sedangkan hasil model model GeoWEPP didapatkan besaran erosi sebesar 41,3 ton/ha/tahun, artinya besaran prediksi yang dihasilkan oleh model masih dalam batas yang telah dilakukan oleh Balai Pengelolaan DAS. Meskipun begitu jika dilihat rentang data yang dihitung berdasarkan Sub-DAS ordo 1 sebesar 11,3-106,3 ton/ha/tahun terlihat perbedaan yang mencolok.

Model GeoWEPP pernah dilakukan sebelumnya pada penelitian yang dilakukan oleh Mataburu yaitu di Daerah Aliran Ci Tarum dan menghasilkan prediksi erosi sebesar 21,27 ton/ha/tahun dan hasil sedimen sebesar 20,22 ton/ha/tahun. Model prediksi GeoWEPP juga pernah digunakan dalam penghitungan laju erosi dan hasil sedimen pada DAS Limboto oleh Sri Legowo,

dari perhitungan menggunakan model GeoWEPP didapatkan besaran laju erosi adalah 44,69 ton/ha/tahun dan hasil sedimen sebesar 41,75 ton/ha/tahun.

Perlu diingat pula bahwa model model GeoWEPP juga mempunyai kelemahan, diantaranya adalah (1) tuntutan akan ketelitian dan jenis *input* yang beragam menjadi kendala dalam penerapan aplikasi ini khususnya di Indonesia, dimana ketersediaan data menjadi hal yang sulit untuk dipenuhi sehingga banyak mempengaruhi akurasi hasil model (2) model model GeoWEPP ini cukup rumit untuk digunakan dibandingkan dengan metode USLE dan (3) dari beberapa uji coba yang pernah dilakukan sebelumnya, khusus untuk model erosi dan hasil sedimen dalam skala bulanan menghasilkan perbedaan nilai yang besar dengan erosi terukur (mencapai 100%) namun pada skala musiman GeoWEPP menunjukkan hasil yang lebih baik dengan perbedaan 0-40% (Simonato et al, 2002).



BAB VI

KESIMPULAN

(1) Besaran erosi dan hasil sedimen di Daerah Aliran Ci Lember berdasarkan model GeoWEPP memiliki besaran yang cukup bervariasi pada tiap-tiap Sub-DASnya. Secara keseluruhan besaran laju erosi adalah sebesar 18543,7 ton/tahun atau 41,3 ton/ha/tahun, sedangkan untuk laju hasil sedimen adalah sebesar 56004 ton/tahun atau 124,7 ton/ha/tahun.

(2) Rasio memanjang DAS tidak berasosiasi terhadap besaran erosi dan hasil sedimennya, sedangkan untuk rasio membulat DAS terdapat asosiasi terhadap besaran laju erosi dan hasil sedimen dengan perbandingan terbalik yaitu semakin besar indeks rasio membulat semakin kecil besaran laju erosi dan hasil sedimennya.

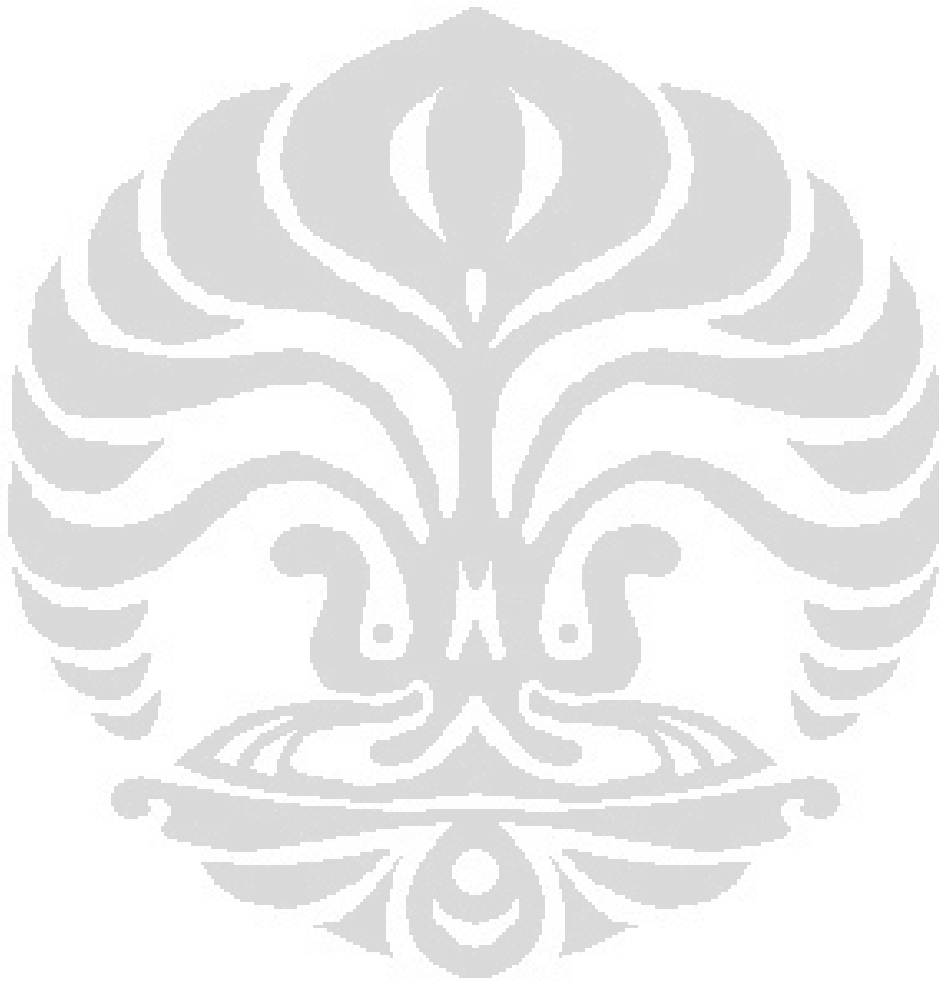
(3) Berdasarkan titik-titik yang diamati, Tingkat Bahaya Erosi di DA Ci Lember berdasarkan model GeoWEPP didapatkan pola yang mirip dengan wilayah ketinggian terutama pada perhitungan Sub-DAS ordo 1.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaadin Yuksel et al. 2008, *Application of GeoWEPP for Determining Sediment Yield and Runoff in the Orcan Creek Watershed in Kahramanmaras, Turkey, Antalya, MDPI.*
- Arsyad,.S. 2000. *Konservasi Tanah dan Air.* Bogor. IPB.
- Asdak, C. 1995, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai,* Yogyakarta,Gadjah Mada University Press.
- Cligen Weather Generator, expanded and improved by USDA Agricultural Research Service and U. S. Forest Service
<http://horizon.nserl.purdue.edu/Cligen> ,diakses 27 Desember 2012.
- Dariah,et al.2003.*Kepekaan Tanah Terhadap Erosi.*Bogor.Balai Penelitian Tanah.
- Departemen Pertanian. 1969. *Naskah Peta Tanah Eksplorasi Djawa dan Madura.* Bogor. Lembaga Penelitian Tanah
- Ebrahimpour et al, 2011, *Accuracy of GeoWEPP in Estimating Sediment Load and Runoff from a Tropical Watershed,* Selangor, Malaysian Jurnal Soil Science.
- Endale,M.2003.*Cropland Soil Erosion Prediction using WEPP Model (A Case Study on Hillslope in Lom Kao District, Thailand).*Thesis of International Institute fo Geo Information Science and Earth observation. Netherland.
- Goeswono dan Soepardi. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah.* IPB.Bogor.
- Hardjoamidjojo dan S, Sukartaatmadja,. 2008. *Teknik Pengawetan Tanah dan Air.* Graha Ilmu.Yogyakarta.
- ICRAF (International Center for Research Agroforestry). 2001. *Modelling Erosion at Different Scales, Case Study ini The Sumber Jaya Watershed, Lampung, Indonesia.* dalam Tagus, dkk. 2000 *Model Prediksi Erosi; Prinsip, Keunggulan, Keterbatasan.* Bogor.LPT
- Kartosapoetra G, A.G Kartasapoetra, dan Sutedjo, M.M (1991), *Teknologi Konservasi Tanah dan Air.* Jakarta. PT Rineka Cipta.
- Legowo WD, 2006,*Pendugaan Erosi dan Sedimentasi dengan Menggunakan Model GeoWEPP (Studi Kasus DAS Limboto, Propinsi Gorontalo).* Jurnal ITB, Bandung, Institut Teknologi Bandung.
- Mangundikoro, A. 1985. *Watershed management in Indonesia* dalam Adimihardja A . 2008. *Teknologi dan strategi konservasi tanah dalam kerangka revitalisasi pertanian.*Bogor.Deptan.

- Mataburu, I. 2008. *Pendugaan erosi dan sedimentasi menggunakan GeoWEPP (Studi Kasus DA Ci Widey)*. Tesis. Depok. Universitas Indonesia.
- Nearing, M.A, L.J.Lane and V.L Lopes. *Modelling Soil Erosion* dalam Tagus, dkk. 2000 *Model Prediksi Erosi; Prinsip, Keunggulan, Keterbatasan*. Bogor. LPT.
- Notohadiprawiro. T. 1998. *Tanah dan Lingkungan. Direktorat Jendral Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta*.
- Rauter, Cristian. 2005. *Sensitivity analysis of GeoWEPP model regarding DEM's spatial resolution*. Wien. Thesis Universitas Salzburg.
- Renschler, C.S. (2004), *GeoWEPP ArcX 2004.3 Tutorial*, University of Buffalo. The State University of New York <http://www.geog.buffalo.edu/~rensch/geowep/ documents/GeoWEPP%20Tutorial%20ArcX%202004.3.pdf>, diakses 19 November 2011
- Rose. C W 1998. *Modelling Erosion by Water and Wind* dalam Tagus, dkk. 2000 *Model Prediksi Erosi; Prinsip, Keunggulan, Keterbatasan*. Bogor. LPT.
- Russel, E.W. 1973. *Soil Conditions and Plant Growth 10th Ed* Longmans. London.
- Schmitz dan Tameling. 2000 *Modelling erosion at different scales* dalam Tagus, dkk. 2000 *Model Prediksi Erosi; Prinsip, Keunggulan, Keterbatasan*. Bogor. LPT.
- Seta A.K. 1987. *Konservasi Sumberdaya Tanah dan Air*. Jakarta: Kalam Mulia.
- Simonato, et al. 2002. *Evaluating Soil Erosion with RUSLE and WEPP in an Alpine Environment (derena valley-central alps-italy)*, dalam *Sustainable Land Management – Environmental Protection Soil Physical Approach*, Chapter V, Pagliai, IUSS, 481- 484.
- Sinukaban dkk. 2000, *Role of Faddy Rice Fields (Sawah) as Sediment Filter in Agroforestry Mosaics* dalam Tagus, dkk. 2000 *Model Prediksi Erosi; Prinsip, Keunggulan, Keterbatasan*. Bogor. LPT.
- Subekti dkk. 2009. *Monitoring air di Daerah Aliran Sungai..* Bogor. World Agroforestry Centre.
- Suhartanto, E. 2005, *Pendugaan Erosi, Sedimen dan Limpasan Berbasis Model Hidrologi WEPP dan SIG di Sub-DAS Ciriung, DAS Cidanau*, Disertasi Program Doktor, Bogor, Institut Pertanian Bogor.

- Suripin, 2002 *Pelestarian sumber daya tanah dan air*. Andi. Universitas Michigan.
- Tagus, dkk. 2000 *Model Prediksi Erosi; Prinsip, Keunggulan, Keterbatasan*. Bogor.LPT
- Troeh et al.2004 *Soil and Water Consevation; for productivity and environmental protection 4th edition*. New Jersey. Pearson Prentice Hall.
- Utoyo,B.2007. *Geografi membuka cakrawala dunia*.Bandung. Setia Puna Inves.





Lampiran 1 Besaran Laju Erosi dan Hasil sedimen Sub-DAS ordo 1

Sub-DAS	Luas (Ha)	Laju Erosi Total (ton/tahun)	Laju Erosi per Hektar (ton/ha/tahun)	Laju Hasil sedimen Total (ton/tahun)	Laju Hasil sedimen per Hektar (ton/ha/tahun)
1	10,14	191,8	18,9	104	10,3
2	8,52	397,9	46,7	395,4	46,4
3	14,48	1409,8	97,4	1911,7	132,0
4	10,89	1157,8	106,3	1480,8	136,0
5	6,59	337	51,1	444,3	67,4
6	22,87	1740	76,1	1600,7	70,0
7	37,09	2987,3	80,5	3370	90,9
8	8,66	400	46,2	411,2	47,5
9	21,63	535,5	24,8	530,6	24,5
10	6,97	195,3	28,0	266,2	38,2
11	7,23	329,7	45,6	245,8	34,0
12	7,77	158,9	20,5	137	17,6
13	13,00	188,8	14,5	186,1	14,3
14	20,17	779,8	38,7	879,2	43,6
15	24,06	1463,5	60,8	3333,2	138,5

Sumber : hasil pengolahan data spasial, 2012

Lampiran 2 Besaran Laju Erosi dan Hasil sedimen Sub-DAS ordo 2

Sub-DAS	Luas (Ha)	Laju Erosi Total (ton/tahun)	Laju Erosi per Hektar (ton/ha/tahun)	Laju Hasil sedimen Total (ton/tahun)	Laju Hasil sedimen per Hektar (ton/ha/tahun)
1	108,71	6527,9	60,0	12747,4	117,3
2	40,35	3043,8	75,4	5075,1	125,8
3	81,80	4000,2	48,9	11535,4	141,0
4	101,58	3124,9	30,8	15302,3	150,6

Sumber : hasil pengolahan data spasial, 2012

Lampiran 3 Indeks rasio memanjang dengan laju erosi dan hasil sedimen

No	Indeks Rasio Memanjang	Laju Erosi per Hektar (ton/ha/tahun)	Laju Hasil sedimen per Hektar (ton/ha/tahun)
1.	1,4	18,9	10,3
2.	0,9	46,7	46,4
3.	1,8	97,4	132,0
4	6,2	106,3	136,0
5.	0,9	51,1	67,4
6.	1,0	76,1	70,0
7.	0,6	80,5	90,9
8.	2,3	46,2	47,5
9.	1,1	24,8	24,5
10.	1,2	28,0	38,2
11.	1,5	45,6	34,0
12.	1,4	20,5	17,6
13.	1,1	14,5	14,3
14.	1,1	38,7	43,6
15.	0,7	60,8	138,5
16.	0,7	60	170,3
17.	3,3	75,4	125,8
18	0,5	48,9	141,0
19.	0,6	30,8	150,6
20.	0,4	42,7	123,9
21.	0,4	130,62	192,67
22.	0,2	310,23	581,59
23.	0,6	44,90	100,78
24.	0,6	63,94	163,16
25.	0,5	54,87	223,21
26.	0,6	77,68	82,71
27.	0,8	41,45	72,92
28.	0,7	37,23	63,46
29.	0,7	26,12	62,60
30.	0,9	43,76	87,38

Sumber : hasil pengolahan data spasial, 2012

Lampiran 4. Indeks Rasio Memanjang dengan Laju Lrosi dan Hasil Sedimen

No	Indeks Rasio Memanjang	Laju Erosi per Hektar (ton/ha/tahun)	Laju Hasil sedimen per Hektar (ton/ha/tahun)
1.	1,4	18,9	10,3
2.	0,9	46,7	46,4
3.	1,8	97,4	132,0
4.	6,2	106,3	136,0
5.	0,9	51,1	67,4
6.	1,0	76,1	70,0
7.	0,6	80,5	90,9
8.	2,3	46,2	47,5
9.	1,1	24,8	24,5
10.	1,2	28,0	38,2
11.	1,5	45,6	34,0
12.	1,4	20,5	17,6
13.	1,1	14,5	14,3
14.	1,1	38,7	43,6
15.	0,7	60,8	138,5
16.	0,7	60	170,3
17.	3,3	75,4	125,8
18.	0,5	48,9	141,0
19.	0,6	30,8	150,6
20.	0,4	42,7	123,9
21.	0,4	130,62	192,67
22.	0,2	310,23	581,59
23.	0,6	44,90	100,78
24.	0,6	63,94	163,16
25.	0,5	54,87	223,21
26.	0,6	77,68	82,71
27.	0,8	41,45	72,92
28.	0,7	37,23	63,46
29.	0,7	26,12	62,60
30.	0,9	43,76	87,38

Sumber : hasil pengolahan data spasial, 2012

Lampiran 5. Contoh Tampilan Hasil Perhitungan GeoWEPP (Sub-DAS Ordo 2 (1))

10 YEAR AVERAGE ANNUAL VALUES FOR WATERSHED

 WEPP Watershed Simulation for Representative Hillslopes and Channels (watershed method)

---- CHANNEL SUMMARY (watershed method, off-site assesment) ----

Channels		Discharge	Soil	Sediment	Length	Length
NUM	WEPP TOPAZ	Volume (m ³ /yr)	Loss (tonne/yr)	Yield (tonne/yr)	(m)	(cells)
1	22	1785.0	0.0	0.0	0.3	0.0
2	23	4006.7	0.0	0.0	0.6	0.0
3	32	13436.1	0.0	0.0	2.1	0.0
4	33	28873.0	0.0	0.0	4.7	0.0
5	42	6671.4	0.0	0.0	1.2	0.0
6	43	32532.8	0.0	0.0	6.1	0.0
7	52	67750.8	0.0	0.0	12.2	0.0
8	53	41388.1	0.1	0.0	6.6	0.0
9	62	44657.7	0.0	0.0	9.5	0.0
10	61	10950.7	0.0	0.3	5.3	0.0
11	63	30821.0	0.0	0.0	5.2	0.0
12	72	7251.3	0.0	0.0	1.2	0.0
13	71	22074.6	0.0	0.0	5.4	0.0
14	73	12140.3	0.0	0.0	2.3	0.0
15	82	17594.6	0.0	0.0	2.8	0.0

----- CHANNEL SUMMARY (watershed method, off-site assesment) -----

Channels	Discharge		Soil	Sediment		Length (m)	Length (cells)
	Volume	Loss	Yield	Yield	Length		
NUM WEPP TOPAZ	(m ³ /yr)	(tonne/yr)	(tonne/yr)	(tonne/yr)	(m)	(cells)	
16 83	7232.4	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	
17 81	17474.3	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0	
18 92	35633.1	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	
19 91	26248.3	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	
20 93	29725.2	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	
21 102	7036.2	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	
22 101	22124.5	0.0	0.0	5.2	0.0	0.0	
23 103	28697.4	0.0	0.0	5.2	0.0	0.0	

WEPP Watershed Simulation for all flowpaths averaged over subcatchments (flowpath method)

----- FLOWPATH SUMMARY (flowpath method, on-site assesment) -----

*Mapped

Hillslopes	Runoff		Soil	Sediment		Area (ha)	Sediment	
	Volume	Loss	Yield	Yield	Loss		Yield	
WEPP TOPAZ	(m ³ /yr)	(tonne/yr)	(tonne/yr)	(tonne/yr)	(ha)	(tonne/ha/yr)	(tonne/ha/yr)	
1 5 64	86992.0	n.a.	248.5	619.7	19			
2 4 74	41651.8	n.a.	177.9	162.4	5			
3 3 84	42829.9	n.a.	202.9	469.7	14			
4 2 94	92020.2	n.a.	1658.6	367.3	11			

WEPP Watershed Simulation for all flowpaths averaged over subcatchments (flowpath method)

---- FLOWPATH SUMMARY (flowpath method, on-site assesment) ----

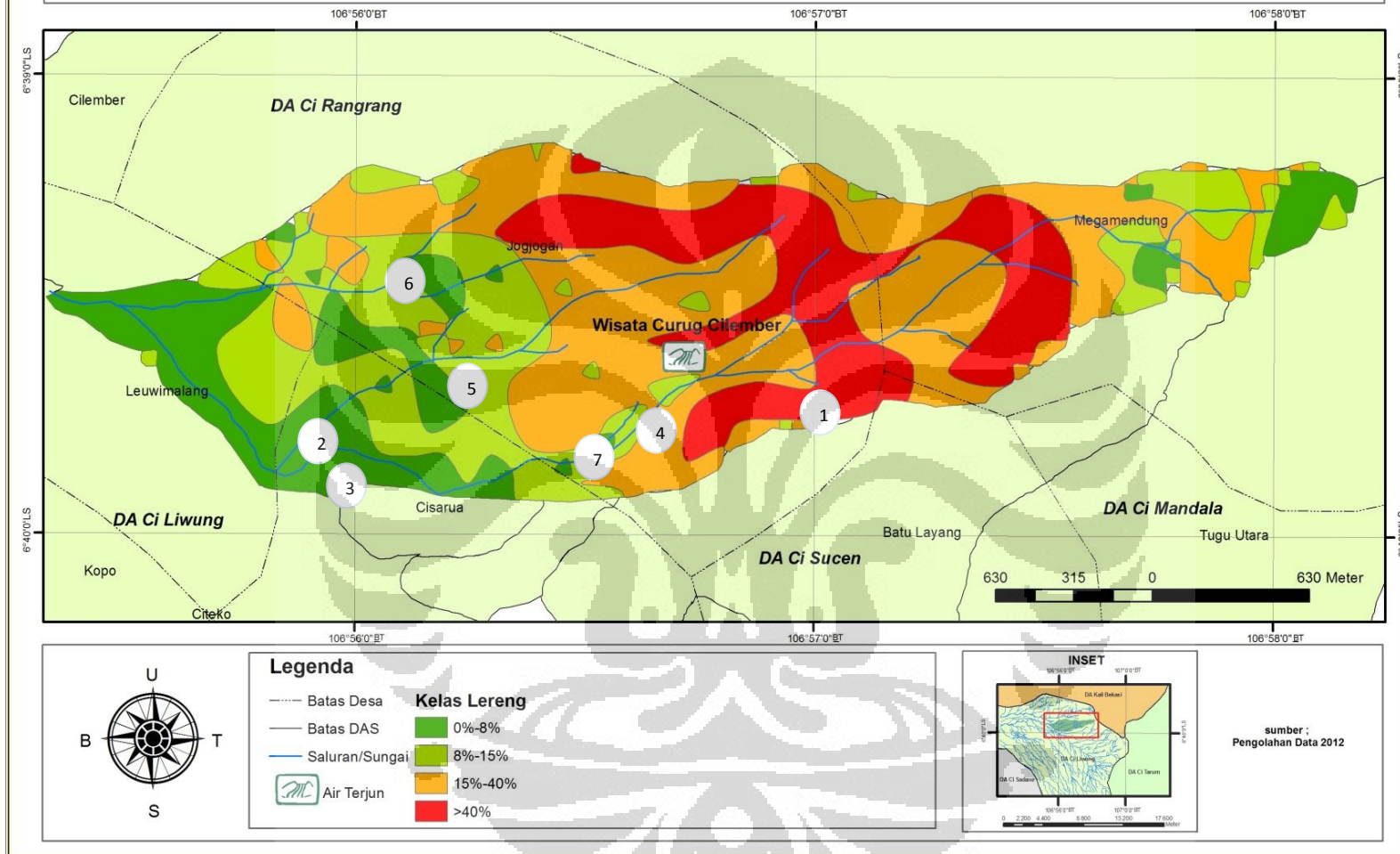
*Mapped

	Runoff			Soil		Sediment	
Hillslopes	Volume	Loss	Yield	Area	Loss	Yield	
WEPP TOPAZ	(m ³ /yr)	(tonne/yr)	(tonne/yr)	(ha)	(tonne/ha/yr)	(tonne/ha/yr)	
5	1 104	58102.8	n.a.	1302.2	192.4	6	
6	6 54	239528.1	n.a.	1456.6	941.5	26	
7	7 44	322241.1	n.a.	2012.1	411.8	10	
8	8 34	457418.5	n.a.	4195.2	482.1	14	
9	9 24	521421.1	n.a.	5174.8	72.4	2	

Lampiran 6 Tabel Hasil Pengukuran Lebar Saluran

Lebar Saluran(m) Wilayah Lereng	Subdas Ordo 3	Subdas Ordo 2	Subdas Ordo 1
0-8 %	2,05	1,46	0,70
8-15 %	2,03	1,48	0,71
15-40%	—	v	0,70
>40%	—	v	v

Wilayah Lereng Daerah Aliran Ci Lember



Keterangan : ○ = Titik Pengambilan Sampel

Universitas Indonesia

Pendugaan laju..., Satrio Nugroho, FMIPA UI, 2012

Lampiran 7. Foto Dokumentasi



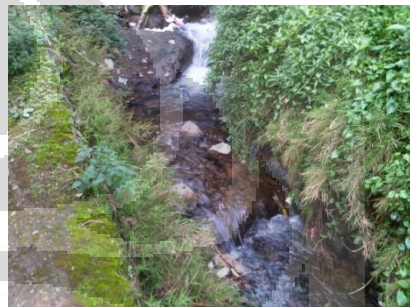
1. Subdas Ordo 1 15-40%



2. Subdas Ordo 2 0-8%



3. Subdas Ordo 3 0-8



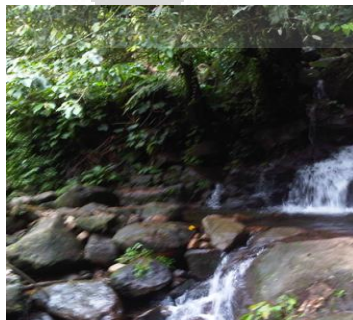
4. Subdas Ordo 3 8-15 %



5. Subdas Ordo 2 8-15 %



6. Subdas Ordo 1 0-8%



7. Subdas Ordo 1 8-15 %