LAPORAN AKHIR

HIBAH DISERTASI DOKTOR

PEMANFAATAN CITRA PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DALAM IDENTIFIKASI KERENTANAN EROSI KUALITATIF BERBASIS RASTER

Kasus DAS Serang, Kabupaten Kulonprogo

Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

Nursida Arif, ST.,M.Sc

NIDN.0931038501

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH GORONTALO

OKTOBER 2017

HALAMAN PENGESAHAN

Judul	: Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Dalam Identifikasi Kerentanan Erosi Kualitatif Berbasis Raster
Peneliti/Pelaksana	
Nama Lengkap	: NURSIDA ARIF,
Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Gorontalo
NIDN	: 0931038501
Jabatan Fungsional	: Asisten Ahli
Program Studi	: Geografi
Nomor HP	: 081328554458
Alamat surel (e-mail)	: nursida.arif@um-gorontalo.ac.id
Institusi Mitra (jika ada)	
Nama Institusi Mitra	: -
Alamat	: -
Penanggung Jawab	: -
Tahun Pelaksanaan	: Tahun ke 1 dari rencana 1 tahun
Biaya Tahun Berjalan	: Rp 0
Biaya Keseluruhan	: Rp 50,000,000

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

(Dr. Talha Dangkua, M.Pd)
NIP/NIK 0929076501

GORONTALO, 18 - 10 - 2017
Ketua,

(NURSIDA ARIF,)
NIP/NIK 0931038501

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat

(Dr. Yuszda K Salimi, M.Si)
NIP/NIK 1150274

RINGKASAN

Erosi lahan merupakan salah satu indikator degradasi lahan yang dapat berdampak pada menurunnya kualitas dan produktivitas lahan. Untuk meminimalisir resiko yang ditimbulkan, diperlukan pengukuran dan prediksi untuk perencanaan penggunaan tanah. Namun, pengukuran erosi membutuhkan waktu yang sangat lama dengan biaya yang relatif besar. Teknologi penginderaan jauh (PJ) dan sistem informasi geografis (SIG) membantu memetakan area rentan erosi dengan skala yang lebih luas dengan waktu yang lebih cepat dan biaya relatif murah. Bagaimanapun pemodelan erosi tidak dapat dilakukan secara penuh melalui PJ karena proses erosi sangat kompleks melibatkan data dan informasi melalui pengukuran langsung dilapangan. Walaupun PJ hanya dapat diandalkan untuk pemetaan tutupan lahan/penggunaan lahan namun penggunaanya mampu meningkatkan akurasi pemodelan. Erosi banyak dipengaruhi data non spektral (tanah, hujan, lereng), sehingga untuk menghasilkan model prediksi yang akurat perlu mempertimbangkan semua jenis data, integrasi SIG dan PJ berbasis raster diplih sebagai teknik analisis karena penggunaan data non spektral dapat ditambahkan pada saluran-saluran asli spektral (Danoedoro, 2012).

Tujuan penelitian ini adalah membuat model spasial prediksi tingkatan erosi secara kualitatif berbasis raster dengan teknik PJ dan SIG dengan adaptasi model erosi RUSLE. Dibandingkan model erosi lainnya, RUSLE dapat memberikan perspektif yang jelas untuk memahami interaksi antara curah hujan dan erosi tanah serta efisien digunakan walaupun masih memiliki kelemahan dalam menangani kompleksitas seluruh erosi tanah sebagaimana USLE. Model prediksi erosi secara kualitatif berbasis PJ masih jarang dilakukan di Indonesia, di lokasi penelitian sendiri (DAS Serang) belum pernah ada rujukan penilaian erosi secara kualitatif. Prediksi besaran erosi yang umumnya dilakukan adalah model spasial berbasis vektor maupun perhitungan secara kuantitatif menggunakan persamaan USLE (*Universal Loiss Loss Estimation*) dan turunannya yang cenderung menghasilkan prediksi yang *over estimate* (Utomo 1994; Asdak, 2010). Selain itu teknik analisis berbasis vektor dianggap lebih subjektif dalam penentuan bobot/skor dari masing-masing parameter yang berpengaruh.

Hasil model menunjukan integrasi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis berbasis raster dapat digunakan untuk pemetaan prediksi erosi dimana distribusi tingkat erosi yang dominan di daerah kajian yaitu erosi sangat berat (34,75 %) tersebar di sebagian besar kecamatan Kokap, Girimulyo dan sebagian Pengasih.

Kata kunci : Erosi Lahan, RUSLE, raster

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan karunia-Nya sehingga penyusunan Laporan Kemajuan Penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian merupakan bagian dari penelitian program S-3 yang saat ini sedang dilaksanakan oleh penulis.

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Menteri Ristek Dikti atas bantuannya sehingga penelitian dapat dilakukan dengan biaya dari Dana Riset dan Pengabdian Masyarakat tahun anggaran 2017. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada :

1. Tim Promotor yang telah memberikan bimbingan kepada penulis selama penelitian ini berlangsung
2. LAPAN yang telah memberikan data citra penginderaan jauh (SPOT 5) untuk digunakan dalam penelitian ini
3. BPDASHL Serayu Opak Progo, BMKG Yogyakarta dan Jawa Tengah yang telah memberikan data untuk penelitian disertasi ini
4. Para asisten yang telah membantu pekerjaan survei lapangan untuk mendukung penelitian ini.

Sebagai akhir dari pengantar ini penulis menyadari bahwa laporan kemajuan bukan merupakan tahap akhir dari laporan penelitian sehingga masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala kritis dan saran untuk perbaikan dan kesempurnaan tulisan ini sangat diharapkan. Terima kasih

Yogyakarta, Oktober 2017
Hormat saya,

Nursida Arif

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	I
HALAMAN PENGESAHAN	II
RINGKASAN	III
PRAKATA	IV
DAFTAR ISI	V
DAFTAR TABEL	VII
DAFTAR GAMBAR	IX
DAFTAR LAMPIRAN	X
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	2
1.3. Batasan Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Bentuk dan Tingkat Erosi	4
2.2. Faktor Pengontrol Erosi	7
2.2.1. Faktor Erosivitas (R)	8
2.2.2. Faktor Erodibiltas Tanah (K)	8
2.2.3. Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)	11
2.2.4. Faktor Pengelolaan Tanaman (C)	12
2.2.5. Faktor Pengelolaan Lahan (P)	12
2.3. Penginderaan Jauh	13
2.4. Sistem Informasi Geografis	14
2.5. Pemodelan Spasial Erosi	15
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	19
3.1. Tujuan Penelitian	19
3.2. Manfaat Penelitian	19
BAB 4. METODE PENELITIAN	20
4.1. Lokasi Penelitian	20
4.2. Bahan dan Alat	20
4.3. Variabel Penelitian dan Perolehan Data	21

4.4. Analisis Data 21
4.4.1. Pengolahan Citra SPOT 5 Pra-Simulasi 21
4.4.2. Klasifikasi Penutup dan Penggunaan Lahan 23
4.4.3. Pemetaan Bentuklahan 23
4.4.4. Penentuan Sampel 24
4.5. Perhitungan Erosi Kuantitatif 24
4.6. Pengamatan Erosi Di Lapangan 26
4.7. Uji Akurasi 29
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI 30
5.1. HASIL 30
5.1.1. Analisis Citra Penginderaan Jauh Sebagai Masukan Pemodelan Erosi 30
5.1.2. Penyusunan Peta Parameter Erosi 32
5.1.3. Erosi Aktual di Lapangan 54
5.2. LUARAN YANG DICAPAI 57
5.2.1. Peta Prediksi Erosi di DAS Serang 57
5.2.2. Luaran Wajib dan Tambahan 60
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN 61
6.1. Kesimpulan 61
6.2. Saran 61
DAFTAR PUSTAKA 62
LAMPIRAN XI

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi tekstur tanah 9
Tabel 2.2. Klasifikasi permeabilitas tanah 10
Tabel 2.3. Kelas Kandungan Bahan Organik 10
Tabel 2.4. Klasifikasi Kelas Erodibilitas Tanah di Indonesia 10
Tabel 2.5. Kelas Kemiringan Lereng 11
Tabel 2.6. Nilai P Berdasarkan Kemiringan Lereng 13
Tabel 2.7. Panjang Gelombang dan Resolusi Spektral SPOT 14
Tabel 2.8. Tipe Pemodelan 15
Tabel 2.9. Model-model Erosi dan Sediment Transport 17
Tabel 4. 1. Parameter Penelitian 21
Tabel 4.2. Metadata Citra SPOT 5 yang Digunakan 23
Tabel 4.3. Tabel Klasifikasi Penggunaan Lahan 23
Tabel 4.4. Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi 25
Tabel 4.5. Indikator Erosi Kualitatif 26
Tabel 5.1. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Temon (2004-2014) 33
Tabel 5.2. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Singkung (2004-2014) 34
Tabel 5.3. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Boroarea (2004-2014) 34
Tabel 5.4. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Hargorejo (2004-2014) 35
Tabel 5.5. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Kokap (2004-2014) 36
Tabel 5.6. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Kenteng (2004-2014) 36
Tabel 5.7. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Plaosan (2004-2014) 37
Tabel 5.8. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Wates (2004-2014) 38
Tabel 5. 9. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Gembongan (2004- 2014) 38
Tabel 5.10. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Pengasih (2004-2014) 39
Tabel 5.11. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Panjatan (2004-2014) 40
Tabel 5.12. Perbadingan Ketelitian Pada Beberapa Metode Interpolasi Nilai K 42
Tabel 5.13. Nilai Statistik Faktor LS 45
Tabel 5.14. Nilai Beberapa LS Pada Berbagai Tipe Kemiringan Lereng 46
Tabel 5.15. Nilai Statistik Data C 51

Tabel 5.16. Perbandingan Nilai Beberapa Faktor C Pada Penggunaan Lahan Berbeda 51
Tabel 5.17. Klas Faktor P 52
Tabel 5.18. Perbandingan Justifikasi Kelas Erosi Kuantitatif dan Kualitatif 55
Tabel 5.19. Matriks Kesalahan Pengujian Seluruh Sampel 58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1. Diagram Penentuan Lokasi Sampel 24
Gambar 5.1. Histogram Citra Sebelum (a) dan Setelah Koreksi Radiometrik (b) 30
Gambar 5.2.Perbedaan Kurva Pantulan Vegetasi 31
Gambar 5.3. Daftar Koordinat Point Kontrol dan RMS Error Koreksi Geometrik 32
Gambar 5.4. Peta Erosivitas Hujan DAS Serang 41
Gambar 5.5. Persentase Distribusi ErodibilitasTanah di DAS Serang 43
Gambar 5.6. Peta Erodibiltas Tanah 44
Gambar 5.7. Faktor Pembentuk Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS) 45
Gambar 5.8. Korelasi Nilai LS dan Kemiringan Lereng 46
Gambar 5.9. Korelasi Nilai LS dan Jumlah Tanah Tererosi (A) 47
Gambar 5.10. Kenampakan Erosi Sangat Berat 47
Gambar 5.11. Peta Panjang dan Kemiringan Lereng (LS) 48
Gambar 5.12. Korelasi Nilai C dan NDVI 49
Gambar 5.13. Peta Faktor Faktor C DAS Serang 50
Gambar 5.14. Peta Faktor P 53
Gambar 5.15. Kenampakan Pedestal dan Singkapan Akar 56
Gambar 5.16. Kenampakan Pedestal dan Armour layer 56
Gambar 5.17. Singkapan Akar 57
Gambar 5.18. Histogram Distribusi Tingkat Erosi di DAS Serang 58
Gambar 5.19. Peta Hasil Prediksi 59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Artikel Ilmiah

Lampiran 2. Sertifikat Hak Cipta

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah memiliki fungsi sebagai sumber unsur hara bagi tumbuhan, dan sebagai matriks akar tumbuhan berjangkar dan air tersimpan. Apabila salah satu atau kedua fungsi tersebut hilang atau menurun maka tanah tersebut telah mengalami kerusakan atau degradasi (Banuwa, 2013). Intervensi dan desakan kebutuhan manusia terhadap lingkungan menjadi salah satu pemicu terjadinya degradasi lahan (Gonzalez,2008).Erosi tanah yang dipercepat oleh air merupakan masalah sejak lahan pertama kali diolah.Konsekuensi dari erosi tanah terjadi baik pada tempat terjadinya erosi (*on-site effect*) maupun di tempat lain (*off-site effect*).*Off-site effect* menyebabkan sedimentasi di bagian hilir suatu badan air, misalnya sungai, yang dapat mengurangi kapasitas saluran sungai, mempercepat resiko banjir, serta mengurangi waktu pakai dari bendungan/waduk (Morgan, 1995).

Melihat pentingnya peranan tanah dan efek erosi yang ditimbulkandimana kerusakan tanah akibat erosi akan sangat mempengaruhi kondisi flora dan fauna di bumi maka penilaian dan estimasi erosi tanah sangat penting dilakukan untuk melihat dan mengevaluasi tata kelola lahan daerah aliran sungai serta menjadi acuan kebijakan bagi para pengambil keputusan (*decision making*).Terdapat dua kepentingan dalam pengukuran besarnya erosi yang telah terjadi maupun peramalan yang mungkin akan terjadi. Pertama, pengukuran erosi diperlukan untuk perencanaan pembuatan bangunan yang dipengaruhi oleh erosi. Kedua, kemungkinan biaya yang diperlukan. Pengukuran erosi termasuk resikonya juga diperlukan untuk perencanaan penggunaan tanah (Utomo,1994).

Pemetaan erosi dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG). Penginderaan jauh (PJ) sebagai sumber data masukan yang cepat dan lebih *real time* dibandingkan dengan data di lapangan sedangkan SIG digunakan untuk mengkoleksi, menyimpan, menganalisis dan menyajikan peta dan informasi spasial lainnya. SIG sebagai *tools* memiliki kemampuan analisa spasial lebih cepat dan tipe analisa dapat dikembangkan, *user* dapat memanipulasi data sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Kehadiran PJ dan SIG sebagai teknologi di bidang spasial telah menjadi

solusi keterbatasan waktu dan akurasi yang rendah dalam pemodelan erosi.Penginderaan jauh dimanfaatkan untuk perolehan beberapa data seperti tutupan lahan sementara SIG memiliki kemampuan dalam visualisasi data spasial dan dengan mudah menghasilkan peta-peta tematik.

Data PJ telah banyak digunakan untuk solusi permasalahan berbagai bidang khususnya fenomena keruangan termasuk untuk kajian lingkungan. Berbagai penelitian telah dilakukan khususnya dibidang terapan lingkungan termasuk untuk kajian erosi dan longsor (Asis *etal*.,2007; Pradhnan dan Lee.,2007;Pradhan *et al*.,2010; Liao *et al*.,2012). Alexakis *et al* (2013) mengintegrasikan data PJ dan sistem informasi geografis untuk penilaian rata-rata erosi dengan menggunakan model RUSLE dan AHP. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi SIG dan PJ lebih akurat dan efektif.Integrasi SIG dan PJ dapat dilakukan dengan berbasis data vektor dan raster.Analisis vektor dilakukan dengan tumpang susun peta-peta tematik untuk menghasilkan peta baru sedangkan integrasi raster bertumpu pada nilai spektral. Kelebihan dalam integrasi raster yaitu penggunaan data non spektral dapat ditambahkan pada saluran-saluran asli spektral (Danoedoro, 2012).

Pemodelan erosi yang akan dibangun dalam penelitian yaitu menggunakan integrasi raster. Dalam analisis data berbasis raster sangat dipengaruhi oleh metode klasifikasi yang digunakan karena setiap metode memiliki perlakuan yang berbeda pada data masukan (*input*). Namun, metode ini dapat menjadi solusi dari permasalahan dalam metode konvensional (*scoring*) yang cederung subjektivitas dalam penentuan bobot. Dengan kemampuan PJ dan analisis SIG, diharapkan dapat mengasilkan model baru prediksi erosi yang lebih akurat.

1.2. Permasalahan

Permasalahan USLE maupun model turunannya yaitu saat model ini divisualisasikan atau dispasialkan menggunakan SIG berbasis vektor. Asumsi yang digunakan bahwa tidak ada gangguan pada lanskap sehingga dalam pembuatan poligon seringkali gangguan tersebut diabaikan. Kelemahan lain metode ini adalah unsur subjektifitas dalam pemberian skor dengan pembobotan parameter. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, teknik penginderaan jauh berbasis raster dapat digunakan dalam mengatasi hal tersebut. Berdasarkan uraian diatas, permasalahan penelitian yang muncul adalah :

1. Model yang akan dibangun merupakan model spasial dengan input data non parametrik sehingga aturan dasar pada model spasial RUSLE tidak dapat digunakan secara penuh pada adaptasi model. Kesulitannya terletak pada estimasi rentang kuantitatif input parameter dan output yang digunakan.
2. Pemodelan erosi berbasis PJ selama ini digunakan untuk estimasi nilai C secara kuantitatif yang menjadi input dalam model erosi kuantitatif sedangkan pemodelan yang akan dibangun adalah model erosi secara kualitatif yang tidak dapat digunakan untuk mengetahui prediksi besaran erosi secara kuantitatif sehingga memiliki kesulitan dalam pengujian model dengan data lapangan). Permasalahannya terletak pada keterbatasan data yang tersedia yang merupakan hasil pengamatan empiris secara kualitatif oleh para ahli, kebanyakan penelitian terdahulu pada daerah kajian adalah penelitian kuantitatif (Dibyosaputro, 2012; Widarsih,2012; Santoso, 2012).

1.3. Batasan Penelitian

Penelitian tentang erosi pada dasarnya membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang mahal, karena erosi merupakan kejadian alam yang kompleks yang perkembangannya tidak dapat dijelaskan hanya dengan mendasarkan pada hasil pengamatan faktor-faktor yang mempengaruhinya pada satu waktu saja. Oleh karena itu dalam penelitian ini, kajian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Penelitian ini fokus pada metode cepat dalam pemetaan prediksi resiko erosi bukan pada tahapan untuk mengukur tiap variabel erosi
2. Perhitungan kuantitatif erosi untuk menenentukan tingkat bahaya erosi dilakukan hanya untuk panduan pengamatan indikator erosi kualitatif di lapangan bukan ditujukan untuk menghitung besaran prediksi erosi secara keseluruhan pada lokasi penelitian. Persamaan model yang untuk mengkalkulasi setiap parameter erosi adalah persamaan model RUSLE.
3. Penggunaan persamaan pada model RUSLE hanya mengadaptasi perhitungan pada faktor Erodibilitas (K) dan faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)
4. Keluaran model adalah tingkat erosi kualitatif yang tidak memberikan informasi besaran erosi secara kuantitatif
5. Validasi model tidak dilakukan dengan pengukuran erosi aktual di lapangan tetapi menggunakan indikator kenampakan erosi secara kualitatif.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bentuk dan Tingkat Erosi

Erosi merupakan proses terlepasnya butiran tanah di suatu tempat dan terangkutnya material tersebut ketempat lain oleh gerakan air atau angin (Arminah, 2012). Definisi lain dijelaskan dalam Arsyad (1989) adalah hilangnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat yang diangkut air atau angin ke tempat lain.

Rahim (2000) menjabarkan pengertian erosi sebagai suatu peristiwa hilang atau terkikisnya tanah atau bagian tanah dari suatu tempat yang terangkut dari suatu tempat ke tempat lain, baik disebabkan oleh pergerakan air, angin, dan/atau es. Di daerah tropis seperti di Indonesia, erosi terutama disebabkan oleh air hujan.

Wischmeir dan Smith (1978) lebih spesifik telah menyebutkan dalam persamaan kehilangan tanah ada beberapa faktor yang terlibat yaitu 1) indeks erosi curah hujan dilihat dari karakteristik curah hujan lokal, 2) faktor erodibilitas tanah yang di evaluasi dari data tanah dan tidak bergantung pada perbedaan topografi dan curah hujan, 3) pengaruh interkasi antara sistem tanaman, tingkat produktivitas, praktek pengolahan dan manajemen.

Wischmeir dan Smith (1978) menyimpulkan bahwa ada empat faktor utama yang dianggap terlibat dalam proses erosi yaitu iklim, sifat tanah, topografi dan vegetasi penutupan lahan.

1. Iklim

   Faktor iklim yang paling dominan berpengaruh dalam mempengaruhi erosi adalah curah hujan.Sifat-sifat hujan yang yang menentukan besarnya erosi serta jumlah dan kecepatan aliran permukaan adalah intensitas, jumlah, dan distribusi hujan (Baver,1959). Wischmeir dan Smith (1978) menegaskan bahwa curah hujan mempengaruhi erosi dengan dua cara. Pertama, pukulan butir hujan terhadap tanah akan menghancurkan tanah menjadi butir-butir yang lepas dan kedua, jumlah dan lamanya hujan akan menimbulkan aliran permukaan yang merupakan tenaga pengangkut dalam proses erosi.

Kemampuan hujan untuk menimbulkan atau menyebabkan erosi disebut daya erosi atau erosivitas hujan.

2. Relief atau topografi

   Faktor yang digunakan untuk melihat karakteristik topografi yaitu kemiringan lereng dan panjang lereng, dimana kedua faktor tersebut menentukan besarnya kecepatan dan volume air aliran (Asdak, 2010)

3. Vegetasi

   Pertahanan DAS terhadap erosi sangat tergantung pada tutupan lahan. Faktor tanaman berpengaruh terhadap erosi tanah permukaan.Asdak (2010) menyebutkan beberapa pengaruh vegetasi terhadap erosi yaitu :1) melindungi permukaan tanah dari kecepatan air hujan, 2) menurunkan kecepatan dan volume air larian, 3) menahan partikel-partikel tanah pada tempatnya melalui sistem perakaran dan seresah yang dihasilkan, dan 4) mempertahankan kemantapan kapasitas tanah dalam menyerap air. Lahan dengan kondisi fisik yang sama tetapi mempunyai tipe vegetasi yang berbeda dapat mempunyai tipe vegetasi yang berbeda dan tingkat erosi yang berbeda (Ambar,1986)

4. Tanah

   Empat sifat tanah yang menetukan erodibilitas yaitu tanah adalah tekstur tanah, unsur organik, struktur tanah dan permeabilitas tanah.Selain itu faktor kelembaban tanah dapat digunakan untuk menilai kemampuan ketahanan tanah terhadap erosi karena selain mencerminkan karakteristik permukaan yang ada juga berpengaruh dalam mengendalikan pertumbuhan tanaman (Prasasti, 2012).

Beberapa tipe erosi yaitu erosi percikan, lembaran, alur dan parit (*splash, sheet, riil, gully erosion*). Dampak pertama dari tumbukan butir hujan dapat memecahkan agregat tanah menjadi partikel-partikel primer, dengan pemindahan energi kinetik dari butir hujan ke agregat tanah. Selanjutnya, ketika intensitas hujan melebihi kapasitas infiltrasi tanah, terjadilah limpasan

permukaan (*surface runoff*), yang selanjutnya menyebabkan terjadinya erosi tanah

1). Erosi lembar (*sheet erosion*)

Erosi lembar adalah pengangkutan lapisan tanah yang merata tebalnya dari suatu permukaan bidang tanah disebabkan karena kecepatan jatuhnya butiran hujan lebih besar daripada kecepatan aliran air dipermukaan tanah sehingga membentuk limpasan permukaan (Arsyad, 1989). Erosi ini menyebabkan tanah semakin mengeras dan permukaan tanah semakin mengeras .Erosi ini disebut juga erosi antar alur atau *interrill erosion*. Beberapa kenampakan yang menjadi indikator di lapangan yaitu adanya pedestal, *armour layer* dan *tree mound.*

2). Erosi Alur (*rill erosion*)

Erosi alur terjadi karena air terkonsentrasi dan mengalir pada tempat-tempat tertentu di permukaan tanah sehingga pemindahan tanah lebih banyak terjadi pada tempat tersebut, biasa terjadi pada daerah-daerah dengan sistem penanaman menurut lereng atau *contour cultivation* (Arsyad, 1989). Alur-alur yang terjadi masih dangkal dan dapat dihilangkan dengan pengelolaan tanah sederhana.

3). Erosi Parit

Erosi parit merupakan suatu penurunan alur yang dalam dan lurus searah dengan lereng. Bentukan ini merupakan alur dengan ukuran minimal 40 sentimeter dengan kedalaman sekitar 25 sentimeter. Erosi parit telah lanjut dapat mencapai 30 meter kedalamnnya. Kenampakan ini terlihat sebagai alur yang baru dan memanjang secara aktif dan berfungsi sebagai saluran buangan secara alami (Arsyad, 1989).

Bentuk-bentuk erosi di atas dapat digunakan sebagai acuan untuk menilai tingkat erosi secara kualitatif (Linden, 1980).Tingkat erosi adalah besarnya erosi yang terjadi pada suatu permukaan tanah (Arsyad, 1989).

2.2. Faktor Pengontrol Erosi

Salah satu model prediksi erosi yang paling banyak digunakan yaitu USLE (*universal soil loss equation*) dikembangkan oleh Wischmeir (1978). Persamaan RUSLE tetap mempertahankan persamaan USLE yaitu :

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \qquad (2.1)$$

Keterangan :

A = banyaknya tanah tererosi (ton/ha/tahun)

R = faktor erosivitas hujan (KJ/ha)

K = faktor erodibilitas tanah (ton/KJ)

L = faktor panjang lereng (m)

S = faktor kecuraman lereng (%)

C = faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman (tanpa satuan),

P = faktor tindakan konservasi tanah (tanpa satuan)

Utomo (1994) menjabarkan beberapa faktor tersebut diatas yang mengalami perubahan perhitungan pada model RUSLE yaitu:

1. Penentuan nilai R mempertimbangkan tingkat kelerengan, karena pada lereng yang rendah maka erosi percikan akan menurun
2. Faktor erodibilitas (K) pada model RUSLE dapat ditentukan dengan bantuan nomograf berdasarkan sifat-sifat tanah.
3. Faktor LS ditentukan berdasarkan panjang lereng dan kemiringan yang disesuaikan dengan tingkat kemiringan
4. Faktor pengelolaan penutup tanah (C) diestimasi di lapangan menggunakan beberapa subfaktor yang meliputi (*Prior Land Use*), *Canopy cover* (CC), *surface cover* (SC) dan *surface roughness* (SR)
5. Faktor pengelolaan tanah (P) ditentukan berdasarkan pengaruh terasering, adanya tanaman penguat teras, kemiringan, adanya bekas pengolahan tanah, faktor kontur dan drainase permukaan

2.2.1. Faktor Erosivitas (R)

Erosivitas hujan yaitu tenaga pendorong yang menyebabkan terkelupas dan terangkutnya partikel-partikel tanah ke tempat yang lebih rendah (Asdak, 2010). Secara ringkas Utomo (1994) mendefinisikan erosivitas hujan sebagai kemampuan hujan untuk menimbulkan erosi. Erosivitas hujan dihitung dari hasil interaksi energi hujan dan intensitas hujan.

Indeks erosivitas hujan idealnya dihitung dengan menghitung energi dan intensitas hujan maksimum 30 menit kejadian hujan (EI_{30}) namun diperlukan data dan pencatat hujan yang mampu mencatat tidak hanya jumlah hujan tetapi juga waktu dan kenaikan hujan persatuan waktu dimana pada negara berkembang termasuk Indonesia data tersebut kurang/tidak tersedia (Utomo, 1994). Sehingga dalam penelitian ini indeks erosvitas menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Bols (1979, dalam Utomo 1994):

$$R = 6{,}12(RAIN)^{1{,}21}DAYS^{-0{,}47}MAXP^{0{,}53} \qquad (2.2)$$

Keterangan:

R = indeks erosivitas bulanan

RAIN = curah hujan rata-rata tahunan (cm)

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

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

2.2.2. Faktor Erodibiltas Tanah (K)

Erodibilitas tanah merupakan kepekaan tanah terhadap erosi atau mudah tidaknya suatu tanah untuk dihancurkan oleh kekuatan jatuhnya butir-butir hujan, dan/atau oleh kekuatan aliran permukaan (Arsyad, 1989). Secara ringkas erodibilas adalah mudah tidaknya suatu tanah tererosi. Utomo (1994) menjelaskan kepekaan suatu tanah terhadap erosi atau nilai erodibilitas suatu tanah ditentukan oleh:

1). Ketahanan tanah terhadap daya rusak dari luar, dan
2). Kemampuan tanah untuk menyerap air (infiltrasi dan perkolasi)

Faktor erodibilitas tanah (K) dihitung menggunakan persamaan yang digunakan RUSLE (Persamaan 2.25). Data yang dibutuhkan dalam persamaan tersebut adalah data tekstur tanah yang diperoleh dari uji laboratorium. Nilai K ditentukan dengan persamaan RUSLE yang dikembangkan oleh Renard (1997) berikut :

$$K = 7.594\left\{0.0017 + 0.049\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\log(Dg)+1.675}{0.6986}\right)^2\right]\right\} \quad (2.3)$$

Dimana,

K = erodibilitas tanah

Dg = Diameter partikel geometrik tanah (mm)

Tabel 2.1. Klasifikasi tekstur tanah

Kelas	**Tekstur tanah**
halus	Liat berdebu, liat
agak halus	liat berpasir, lempung liat berdebu, lempung berliat, lempung liat berpasir
sedang	debu, lempung berdebu, lempung
agak kasar	lempung berpasir
kasar	pasir berlempung, pasir

Sumber: Hardjowigeno, 2007

Selain menghitung erodibilitas tanah, bahan organik tanah juga dianalisis, hubungan bahan organik dan erosi berbanding terbalik, makin tinggi bahan organik maka kerentanan terhadap erosi rendah sebaliknya makin rendah bahan organik maka kerentanan terhadap erosi makin tinggi. Wischmeier and Mannering (1969) menyebutkan bahwa bahan organik merupakan atribut tanah yang paling berpengaruh terhadap erodibilitas tanah atau memperngaruhi terjadinya erosi setelah tekstur tanah. Makin tinggi kandungan bahan organik pada permukaan tanah maka menurunkan potensi terjadinya erosi, sebaliknya unsur organik rendah maka kemungkinan terjadinya erosi lebih besar (Asdak, 2007). Hal ini karena bahan organik mempengaruhi kemantapan struktur tanah. Tanah dengan bahan organik tinggi menyebabkan struktur tanah menjadi

mantap sehingga tahan terhadap erosi. Klasifikasi permeabilitas, bahan organik dan erodibilitas tanah mengacu pada Tabel berikut

Tabel 2.2. Klasifikasi permeabilitas tanah

Kelas permeablitas	**Cm/jam**
Lambat	<0,5
Agak lambat	0,5 – 2,0
Sedang	2,0 – 6,25
Agak cepat	6,25 – 12,5
Cepat	>12,5

Sumber: Arsyad, 2010

Tabel 2.3. Kelas Kandungan Bahan Organik

Kelas	**Persentase**
Rendah	<0,5
Sedang - rendah	0,5 – 1,00
Sedang	1,00 – 2,00
Tinggi	2,00 – 4,00
Berlebihan	4,00 – 8,00
Sangat berlebihan	8,00 – 15,00
Gambut	>15

Sumber: Arsyad, 2010

Tabel 2.4. Klasifikasi Kelas Erodibilitas Tanah di Indonesia

Nilai K	**Tingkat erodibilitas**
<0.10	sangat rendah
0.10 – 0.15	Rendah
0.15 – 0.20	agak rendah
0.20 – 0.25	Sedang
0.25 – 0.30	agak tinggi
0.30 – 0.35	Tinggi
>0.35	sangat tinggi

Sumber : Utomo, 1994

2.2.3. Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Kemiringan dan panjang lereng mempengaruhi kecepatan dan volume limpasan permukaan, makin curam suatu lereng, makin cepat laju limpasan permukaan (Utomo, 1994). Kelas kemiringan lereng mengacu pada Tabel 2.9. Nilai panjang lereng dihitung menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978), sedangkan faktor kecuraman lereng (S) dihitung menggunakan persamaan LS untuk model RUSLE yang dikembangkan oleh McCool et al. (1989)

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13}\right)^{\beta} \quad (2.4)$$

$$\beta = \frac{\left(\frac{sin\theta}{0.0896}\right)/[3*(sin\theta)^{0.8}+0.56]}{1+\left(\frac{sin\theta}{0.0896}\right)/[3*(sin\theta)^{0.8}+0.56]} \quad (2.5)$$

$$\lambda = \textit{Flow accumulation x cellsize} \quad (2.6)$$

$$S = \begin{cases} 10.8\, sin\theta + 0.03\, \theta & \theta < 5° \\ 16.8\, sin\theta - 0.5 & 5° \leq \theta < 10° \\ 21.9 sin\theta - 0.96 & \theta \geq 10° \end{cases} \quad (2.7)$$

Dimana :

L = Panjang lereng

S = Kecuraman Lereng

ɵ = Nilai slope dari DEM

λ = Panjang horisontal slope

β = indeks slope

Tabel 2.5. Kelas Kemiringan Lereng

Kelas Kemiringan Lereng	**Kelas**
0 – 8%	Datar
8 – 15%	Landai
15 – 25%	Agak curam
25 – 40%	Curam
>40%	Sangat curam

Sumber : Dephut, 1998

2.2.4. Faktor Pengelolaan Tanaman (C)

Utomo (1994) menjabarkan pengaruh tanaman terhadap laju erosi yaitu, (1) adanya intersepsi air hujan oleh tajuk daun, (2) adanya pengaruh terhadap limpasan permukaan, (3) adanya pengaruh terhadap sifat fisik tanah, dan (4) adanya peningkatan kecepatan kehilangan air karena transpirasi. Faktor C adalah hasil keseluruhan pengaruh dari vegetasi, seresah, kondisi permukaan tanah dan pengelolaan lahan terhadap besarnya tanah yang tererosi (Asdak, 2010).

Arsyad (1989) mendefinisikan faktor C adalah nisbah antara besarnya erosi dari suatu areal dengan vegetasi penutup dan pengelolaan tanaman tertentu terhadap besarnya erosi dari tanah yang identik tanpa tanaman. Perhitungan nilai C dapat dilakukan dengan merujuk penelitian terdahulu yang memilki kondisi yang sesuai dengan Indonesia.

Faktor tutupan vegetasi dan manajemen (C) didefinisikan sebagai rasio tanah yang hilang dari lahan yang ditanami pada kondisi tertentu dengan kerugian tanah karena diolah dan ditanami terus-menerus (Xu et al., 2012). Pada penelitian ini faktor tutupan vegetasi diperoleh dari hasil transformasi indeks vegetasi menggunakan formula NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index)* menggunakan persamaan 2.8 berikut

$$\textbf{NDVI} = \frac{(\textbf{Saluran inframerah dekat} - \textbf{Saluran merah})}{\textbf{Saluran inframerah dekat} + \textbf{Saluran merah})} \qquad (2.8)$$

NDVI banyak digunakan untuk analisis vegetasi karena dapat menunjukan perbedaan nilai penutup tanaman yang tidak terlihat (Alexakis et al, 2013). Nilai C dihitung menggunakan persamaan Gutman dan Ignatov (1998) :

$$C = 1 - \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \qquad (2.9)$$

2.2.5. Faktor Pengelolaan Lahan (P)

Faktor pengelolaan lahan/ konservasi tanah (P) didefinisikan sebagai nisbah antara besarnya erosi dari tanah yang diberi perlakuan tindakan

konservasi tanah seperti pengelolaan menurut kontur, penanaman dalam strip atau teras terhadap besarnya erosi dari tanah yang diolah searah lereng dalam keadaan yang identik (Arsyad, 1989). Nilai Faktor P ditentukan dengan mengacu pada hasil penelitian Shin (1999, dalam Kim, 2006) yang dikelaskan berdasarkan data kemiringan lereng seperti disajikan pada Tabel 2.6 berikut

Tabel 2.6. Nilai P Berdasarkan Kemiringan Lereng

Slope (%)	P
Datar (< 8)	0,55
Landai (8 – 15)	0,6
Agak Curam (15 – 25)	0,8
Cura (25 – 40)	0,9
Sangat Curam (40 >)	1

Sumber :Shin, 1999 (modifikasi)

2.3. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, fenomena atau daerah yang dikaji (Lillesand *et al*, 2007).

Penginderaan jauh didefinisikan juga sebagai suatu metode untuk mengenal dan menentukan obyek dipermukaan bumi tanpa melalui kontak langsung dengan merekam suatu objek menggunakan alat pada pesawat terbang, balon udara, satelit, dan lain-lain. Dalam hal ini yang direkam adalah permukaan bumi untuk berbagai kepentingan manusia. Interaksi tenaga dari obyek ke sensor senantiasa melewati media atmosfer, dan didalam atmosfer banyak terjadi interaksi-interaksi atmosfer, antara lain : hamburan dan serapan.

Citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah SPOT 5 (*Satellite Pour I'Observation de la Terre*) merupakan satelit observasi yang diluncurkan pada 4 Mei 2002 dengan tujuan untuk memastikan kelanjutan pelayanan terhadap kebutuhan informasi pencitraan untuk meningkatkan kualitas data dan citra melalui tindakan antisipatif terhadap kebutuhan pasar.

SPOT 5 dilengkapi dua buah instrumen geometrikal yang beresolusi tinggi, *high resolution geometric* (HRG) yang menawarkan citra beresolusi tinggi pada 2 mode, yaitu resolusi hingga kisaran 2,5 – 5 meter mode pankromatik, dan resolusi hingga kisaran 10 meter pada mode multispektral. Cakupan SPOT 5 dapat digunakan pada skala pemetaan 1:25.000 hingga 1:10.000

Tabel 2.7. Panjang Gelombang dan Resolusi Spektral SPOT

Band	**Panjang Gelombang**	**Resolusi Spektral**
B1	0,50 – 0,59 µm	10m x 10m
B2	0,61 – 0,68 µm	10m x 10m
B3	0,79 – 0,89 µm	10m x 10m
SWIR	1,58 – 1,75 µm	20m x 20m

2.4. Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografi merupakan suatu sistem yang mengorganisir perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*) dan data serta dapat mendaya-gunakan sistem penyimpanan, pengolahan, maupun analisis data secara simultan sehingga dapat diperoleh informasi yang berkaitan dengan aspek keruangan (Purwadhi, 2009). Danoedoro (2012) mendefinisikan SIG sebagai sistem manual dan atau komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, penyimpan, mengelola, dan menghasilkan informasi yang mempunyai rujukan spasial atau geografis. Dibandingkan dengan sistem database lainnya SIG memiliki kelebihan menyajikan informasi spasial dan non-spasial secara bersama-sama (Purwadhi, 2009). Komponen SIG terdiri dari perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), manusia (*brainware*), data masukan (*input*). Empat komponen tersebut yang membentuk sebuah sistem untuk menjalankan fungsi SIG yaitu pemasukan data, manajemen data, manipulasi dan analisis data, serta keluaran (*output*).

Ada dua pendekatan dalam menyajikan komponen keruangan dalam SIG, yaitu model data vektor dan model data raster (Aronof, 1989). Model data

raster memberikan informasi keruangan apa yang terjadi dimana saja dalam bentuk gambaran yang digeneralisir dimana hasil dari model ini adalah sel-sel grid atau elemen matriks bujur sangkar dari suatu objek. Model data vektor menampilkan data keruangan menggunakan titik-titik, garis-garis atau poligon beserta atribut-atributnya (Sulistyo, 2011).

2.5. Pemodelan Spasial Erosi

Model adalah gambaran umum dari realitas yang kompleks dalam cara yang sederhana atau lebih singkat dikatakan model adalah representasi dari dunia nyata. Mulligan dan Wainwright (2004) menjelaskan bahwa model merupakan *tools* dalam memahami hasil pengamatan, pengembangan dan pengujian teori, bukan sebagai alternatif pengganti dari metode pengamatan.

Komponen spasial dari informasi geografi dapat digambarkan dalam model spasial. Model spasial dapat didekati dengan dua cara yaitu model vektor dan model raster. Model vektor digambarkan oleh titik, garis, dan poligon. Model raster digambarkan oleh sel-sel dengan bentuk bujur sangkar dengan luasan yang sama, posisi obyek ditunjukkan oleh letaknya dalam kolom dan baris. Setiap piksel atau sel ini memiliki atribut tersendiri, termasuk koordinat yang unik. Entitas spasial raster disimpan di dalam layer yang secara fungsionalitas direlasikan dengan unsur-unsur petanya. Berbagai tipe pemodelan di sajikan pada Tabel 2.8

Tabel 2.8. Tipe Pemodelan

Tipe	**Deskripsi**
Fisik	Biasanya dibangun dilaboratorium, perlu menganggap kemiripan dinamis antara model dan dunia nyata
Analog	Penggunaan sistem mekanis atau elektrik seperti simulasi aliran air menggunakan aliran listrik
Digital	Berdasarkan penggunaan komputer untuk memproses sejumlah data yang besar
1). Berbasis fisik	Berdasarkan persamaan matematika untuk menggambarkan proses yang terlibat dalam model dengan mempertimbangkan hukum kekekalan massa dan energi

2). Stokastik	Berdasarkan pada hasil rangkaian sintetis data sampel yang ada sesuai karakteristik datanya, berguna sebagai rangkaian input masukan pada model berbasis fisik dan empiris dimana data tersedia hanya dalam waktu pengamatan yang singkat
3). Empiris	Berdasarkan pada identifikasi secara statistik hubungan yang signifikan antara variabel-variabel penting. Tipe analisis yang digunakan yaitu : *Black-box*: dimana hanya input dan output utama yang dipelajari *Grey-box*: hanya mengetahui beberapa detil dari sistem bekerja *White-box*: mengetahui secara rinci bagaimana sistem beroperasi

Sumber: Gregory and Walling (1973,dalam Morgan 1995)

Berdasarkan tipe pemodelan diatas, model yang dibangun dalam penelitian ini termasuk tipe digital- stokastik dimana data yang digunakan adalah hasil analisis data primer dan sekunder serta pengamatan lapangan dalam waktu yang relatif singkat untuk penelitian erosi sehingga jumlah data yang digunakan tergolong sedikit. Morgan (1995) menjelaskan model prediksi yang ideal adalah model yang mudah digunakan dengan data yang minimal namun memiliki kemampuan untuk memperhitungkan perubahan penggunaan lahan dan praktek konservasi.

Sebagaimana halnya pemodelan pada umumnya, pemodelan erosi adalah penggambaran proses hubungan antara variabel yang terkait kedalam formula matematis. Secara umum pemodelan erosi dibagi dalam tiga (3) kategori yaitu model empiris, konseptual dan berbasis fisik. Model-model erosi dikembangkan dari ketiga kategori tersebut seperti pada Tabel 2.9

Tabel 2.9. Model-model Erosi dan Sediment Transport

Model	Tipe	Skala	Output
ANSWERS	Fisik	*Small catchment*	Runoff, debit puncak, erosi, sedimen
CREAMS	Fisik	*Plot/field*	erosi, deposisi
SWAT	Konseptual	*Catchment/basin*	*Runoff*, debit puncak, erosi,sedimen
EUROSEM	Fisik	*Small catchment*	*Runoff*, erosi, sedimen
TOPOG	Fisik	*Hillslope*	Bahaya erosi
USLE	Empiris	*Hillslope*	Erosi
RUSLE	Empiris	*Hillslope*	Erosi
MUSLE	Empiris	*Hillslope*	Erosi
MMMF	Empiris/konseptual	*Hillslope/catchment*	*Runoff*, erosi
WEPP	Fisik/Determinsitik	*Hillslope/catchment*	*Runoff*, sedimen, erosi

(Merrit, 2003; Saavedra; 2005)

Model empiris merupakan model paling sederhana dengan melihat karakteristik erosi di lapangan menggunakan metode plot dan pendugaan berdasarkan hasil statistik. Model ini banyak digunakan karena dapat diimplementasikan walaupun dengan data yang terbatas, namun model ini dianggap tidak realistis karena mengabaikan keberagaman karakteristik DAS seperti curah hujan dan jenis tanah (Foster, 1996). Model empiris dapat digunakan untuk melihat efek kuantitatif dan kualitatif dari perubahan penggunaan lahan namun memiliki kelemahan dalam identifikasi nilai parameter yang digunakan dimana nilai parameter diperoleh dari kalibrasi terhadap data yang diamati, sehingga tidak membuat kesimpulan dari proses yang terjadi pada satuan DAS (Saavedra, 2005).

Model konseptual bertujuan untuk menggambarkan hubungan antara model fisik dan model empiris. Model fisik menggunakan ekpresi matematika untuk mewakili hubungan antara berbagai faktor dan proses yang mempengaruhi terjadinya erosi. Model ini lebih fleksibel digunakan dibanding empiris dan konseptual.

Berdasarkan model erosi diatas, model yang dibangun dalam penelitian ini adalah model yang asal mulanya merupakan model empiris yatu model RUSLE yang dimodifikasi menjadi model spasial berbasis fisik. Pengamatan erosi tidak menggunakan metode plot namun persamaan yang digunakan untuk menurunkan peta parameter penyebab erosi adalah persamaan matematis RUSLE.

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mencapai beberapa tujuan penelitian penelitian yaitu :

1. Membuat model spasial prediksi tingkatan erosi secara kualitatif berbasis raster dengan teknik PJ dan SIG dengan adaptasi model erosi RUSLE
2. Mengetahui distribusi tingkat erosi pada lokasi penelitian secara kualitatif dan faktor dominan yang mempengaruhi terjadinya erosi di lokasi penelitian

3.2. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan secara umum dan secara khusus dijabarkan sebagai berikut :

1. Memperkaya rujukan dalam kegiatan sistem informasi geografis lanjutan berbasis raster yang selama ini banyak menggunakan metode konvensional (*scoring*).
2. Metode analisis SIG dan PJ berbasis raster dalam prediksi erosi menandai perkembangan metode analisis spasial dengan keuntungan diantaranya kemudahan, kecepatan dan ketepatan.
3. Perkembangan metode analisis spasial akan diikuti oleh perkembangan metode ilmu-ilmu lain yang berbasis keruangan.
4. Model erosi secara kualitatif dengan teknik penginderaan jauh dan SIG dapat mengetahui wilayah potensi erosi secara cepat sehingga dapat ditentukan daerah yang diprioritaskan tindakan konservasinya

BAB 4. METODE PENELITIAN

4.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Serang Kaabupaten Kulon Progo, Yogyakarta. Daerah Aliran Sungai (DAS) Serang merupakan salah satu DAS yang termasuk dalam priorotas I (SK.Menhut No.346/Menhut-V/2005). Hal ini berarti DAS Serang berada dalam kondisi kritis yang dapat mengakibatkan terjadinya bencana alamyang belakangan ini sering terjadi seperti erosi, degradasi lahan, kekeringan, banjir dan lahan longsor.

4.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000
- Peta Tanah
- Peta Geologi
- Data curah hujan, Citra SPOT 5.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer yang mendukung dalam pengolahan citra digital dan kompatibel dengan *software* yang digunakan dan peralatan yang digunakan untuk mendukung kegiatan lapangan dalam perolehan data, peralatan dijabarkan sebagai berikut :

- *Software* ENVI 4.8
- ArcGIS 10.1
- Printer Canon PIXMA
- *Global positioning system* (GPS)
- Kompas
- Abney level
- Alat tulis
- Kamera digital
- Meteran gulung
- *Ring sample* dan peralatan lain yang membantu memperlancar kegiatan.

4.3. Variabel Penelitian dan Perolehan Data

Tahap ini dilakukan untuk mengumpulkan data yang merupakan parameter penelitian. Jenis dan cara perolehan data disajikan dalam Tabel 3.1 berikut

Tabel 4. 1. Parameter Penelitian

Dataset	**Deskripsi**	**Format**	**Sumber data**		**Cara Perolehan**
			Citra dan Peta	**Lap/ Lab**	
Soil	(tekstur,BO,Permeabilitas)	Grid		V	Analisis laboratorium
Slope	Derajatkemiringanlereng	Grid	V		Analisis DEM dari Peta RBI
Landcover/Land use	Klasifikasitutupanlahandan penggunaanlahan	Grid	V		SPOT 5(data primer)
Vegetasi	Untuk nilai faktor C	Grid	V		NDVI (data primer)
Curah hujan	Untuk nilai erosivitas	Excel/Grid		V	Sekunder

4.4. Analisis Data

Analisis data dilakukan beberapa tahapan yaitu pra-prosesing terdiri koreksi citra, dan interpretasi data (peta-peta penyusun erosi). Parameter yang mempengaruhi terjadinya erosi yaitu vegetasi, tanah, lereng, iklim, manajemen pengelolaan lahan. Persamaan yang digunakan dalam menghitung besaran erosi menggunakan persamaan 2.1

4.4.1. Pengolahan Citra SPOT 5 Pra-Simulasi

Pengolahan citra pra simulasi meliputi: 1) koreksi citra yang dilakukan untuk memperbaiki kualitas spektral citra (koreksi radiometrik) dan untuk menyesuaikan lokasi piksel dengan lokasi di lapangan (geometrik); 2) transformasi citra melalui NDVI untuk memperoleh indeks faktor C dan peta kerapatan menggunakan *fractional vegetation cover* (FVC). Seluruh tahapan proses pengolahan citra pra-simulasi dikerjakan menggunakan Envi 4.8

Koreksi radiometri yang diterapkan pada citra SPOT 5, yaitu koreksi pengaruh atmosfer (L^kTOA) dan koreksi energi pantulan yang direkam sensor (ρ^k TOA) yang ditulis dengan formula sebagai berikut:

$$L^k\text{TOA} = \frac{X^k}{A^k.G^k m} \qquad (4.1)$$

Keterangan :

L^kTOA = koreksi pengaruh atmosfer (*Top of The Atmospher*)

X^k = saluran/nilai spektral citra

$A^k.G^km$ = nilai tetapan gain fisik (*physical gain*) pada metadata citra

L^k adalah nilai radians saluran k, x^k adalah nilai piksel pada saluran k, A^k adalah nilai kalibrasi absolut sesuai dengan nomor gain dari tiap saluran. Karena nilai *gain* yang tertera pada header citra bernilai 5 maka nilai absolut A^k sebesar 2 untuk saluran tampak dan 1,69 untuk saluran inframerah tengah. Nilai G^km merupakan koefisien nilai bias (*gain*) yang berasal dari sensor. Proses selanjutnya adalah menormalkan nilai L^kTOA berdasarkan kondisi atmosfer pada setiap saluran (ρ^k TOA).

$$\rho^k \text{TOA} = \frac{\pi.L^kTOA\,.\ d^2}{E^ks\,.cos\theta s} \qquad (4.2)$$

Keterangan :

ρ^k TOA = koreksi energi pantulan yang direkam sensor

π = tetapan (3,14)

L^kTOA = hasil koreksi pengaruh atmosfer (*Top of The Atmospher*)

d = unit astronomis yang mendefinisikan jarak bumi dengan matahari pada sistem hari julian

E^ks = nilai rata-rata ekso-atmosfer irradians citra SPOT 5

Θ = sudut solar zenit

E^ks merupakan rata-rata *ekso-atmosfer irradians* pada setiap band, θs merupakan sudut solar *zenith* yang dapat dilihat pada *header* citra. Besar solar *zenith* pada citra yang digunakan adalah 30,53º sedangkan *d* dihitung berdasarkan tanggal perekaman citra (Oktober 2014) dengan nilai 0,99 pada *julian day* ke 297 (terhitung dari 1 Januari hingga 24 Oktober 2014). Dalam proses koreksi radiometrik diperlukan informasi pada header citra seperti yang ditunjukan pada Tabel 4.2 berikut

Tabel 4.2. Metadata Citra SPOT 5 yang Digunakan

Band	Gain_Num	Gain_Phy	Gain_analog	ESUN
1	5	1,721458	1,5948	1843
2	5	1,535737	1,5964	1568
3	5	1,19291	1,5969	1052
4	5	10,585723	1,6902	233

Sumber : Citra SPOT 5 rekaman oktober 2014

Koreksi geometrik dilakukan dengan teknik koreksi *image to map* menggunakan peta RBI skala 1:25.000 sebagai acuan.

4.4.2. Klasifikasi Penutup dan Penggunaan Lahan

Peta penggunaan lahan digunakan untuk dasar pengambilan data vegetasi dan pengamatan indikator erosi di lapangan. Ekstraksi informasi penggunaan lahan menggunakan teknik pengolahan citra dengan klasifikasi multispektral terselia (*supervised*). Skema klasifikasi mengacu ada Tabel 4.3 klasifikasi penggunaan lahan Malingreau (1978) pada jenjang III dengan modifikasi oleh peneliti yang disesuaikan pada kemampuan interpretasi dan ketelitian citra SPOT 5.

Tabel 4.3. Tabel Klasifikasi Penggunaan Lahan

Jenjang I	Jenjang II	Jenjang III
Daerah bervegetasi	Daerah pertanian	- Sawah - Perkebunan campuran - Tegalan
	Bukan daerah pertanian	- Hutan
Daerah tak bervegetasi		- Lahan terbuka
Pemukiman dan lahan bukan pertanian	Daerah tanpa liputan vegetasi	- Pemukiman
Perairan	Tubuh perairan	- Waduk - Sungai

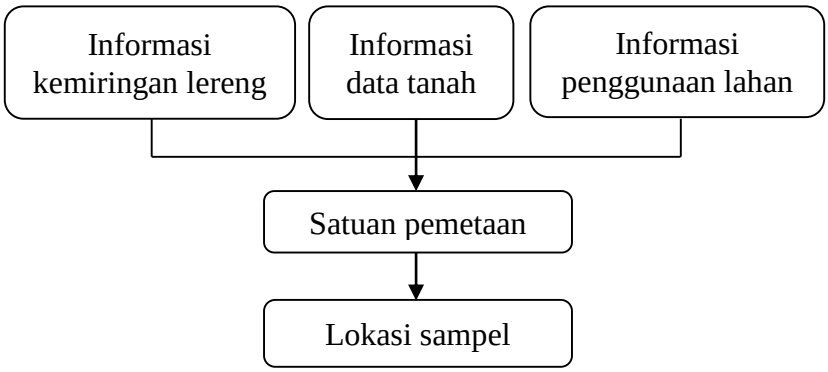
Sumber : Malingreau, 1981 dengan modifikasi

4.4.3. Pemetaan Bentuklahan

Interpretasi bentuklahan pada citra penginderaan jauh didasarkan pada struktur, analisis kontur dan kenampakan geomorfologi yang terjadi pada daerah penelitian. Bahan yang digunakan untuk membantu proses identifikasi bentuklahan yaitu data kontur, peta geologi, dan citra SPOT 5

4.4.4. Penentuan Sampel

Penentuan sampel pada penelitian ini menggunakan metode *purposive sampling* yaitu pengambilan sampel yang sudah ditentukan secara sengaja sesuai persyaratan sampel yang diperlukan. Pemilihan lokasi sampel berdasarkan perbedaan satuan pewakil lahannya sesuai satuan pemetaan. Jumlah sampel yang diambil tidak keseluruhan satuan lahan, hanya mewakili dari satuan lahan yang dominan dengan ketentuan tertentu (kemudahan akses, luas satuan lahan dan memiliki kerentanan erosi yang tinggi). Jumlah sampel tidak diambil secara merata, satuan lahan yang memiliki kerentanan erosi tertinggi memiliki jumlah sampel lebih banyak. Prosedur penentuan sampel disajikan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1. Diagram Penentuan Lokasi Sampel

Berdasarkan analisis satuan lahan tersebut, ditentukan jumlah sampel yang diambil sebanyak 54 sampel yang akan dibagi menjadi data pelatihan untuk klasifikasi jaringan saraf tiruan dan sebagian sebagai data pengujian untuk uji akurasi.

4.5. Perhitungan Erosi Kuantitatif

Data sampel yang diperoleh dihitung untuk mengetahui besaran erosi secara kuantitatif. Parameter erosi yang terdiri dari erosivitas, erodibilitas, panjang dan kemiringan lereng, vegetasi dan manajemen pengelolaan lahan dihitung secara kuantitatif menggunakan RUSLE (persamaan 2.22). Penilaian tingkat bahaya erosi secara kuantitatif dilakukan dengan menghitung besaran erosi dan

melihat tingkat kedalaman efektif tanah berdasarkan klasifikasi tingkat baaya erosi (TBE) yang ditetapkan oleh Departemen Kehutanan (Tabel 4.4)

Tabel 4.4. Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi

Solum tanah (cm)	**Kelas Erosi (to/ha/thn)**				
	<15 (I)	**15 –60 (II)**	**60 –180 (III)**	**180 –480 (IV)**	**>480 (V)**
Dalam (>90)	SR	R	S	B	SB
Sedang (60 – 90)	R	S	B	SB	SB
Dangkal (30 – 60)	S	B	SB	SB	SB
Sangat Dangkal	B	SB	SB	SB	SB

Sumber : Dephut, Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan (1998)
Keterangan : SB = sangat berat; B = berat; S = sedang; R = ringan; SR=sangat ringan

Perhitungan masing-masing faktor erosi dijabarkan sebagai berikut :

1). Faktor Erosivitas Curah Hujan dan Runoff (R)

Nilai bilangan (R) yang digunakan pada RUSLE harus mengukur pengaruh dari pukulan curah hujan dan harus mencerminkan jumlah dan kecepatan dari runoff yang kemungkinan besar dihubungkan dengan hujan. Nilai R dihitung menggunakan persamaan (2.2). Hasil perhitungan erosivitas pada masing-masing stasiun diinterpolasi menggunakan metode *spline*

2). Faktor Erodibilitas (K)

- Data erodibilitas diperoleh dari data sampel tanah hasil uji laboratorium. Jenis data tanah yang diambil sampelnya adalah tekstur tanah, bahan organik, dan permeabilitas tanah. Faktor K dihitung menggunakan rumus (2.3)
- Melakukan interpolasi untuk memperoleh peta K untuk setiap piksel dengan menguji beberapa metode interpolasi.

3). Faktor Kemiringan dan Panjang Lereng (LS)

- Membuat data DEM dari kontur untuk menghasilkan peta kemiringan lereng (S). Panjang lereng dihitung menggunakan persamaan (2.4)
- Membuat peta *flow direction* dan *flow accumulation*
- Faktor LS dihitung menggunakan persamaan (2.7)

4). Faktor Manajemen dan Penutup Lahan (C)

- Setelah koreksi citra dilakukan transformasi NDVI menggunakan persamaan (2.8)
- Faktor C dihitung menggunakan persamaan (2.9)

5). Faktor Konservasi dan Pengolahan (P)

- Faktor P dihitung berdasarkan hasil analisis data lereng menggunakan Tabel 2.6

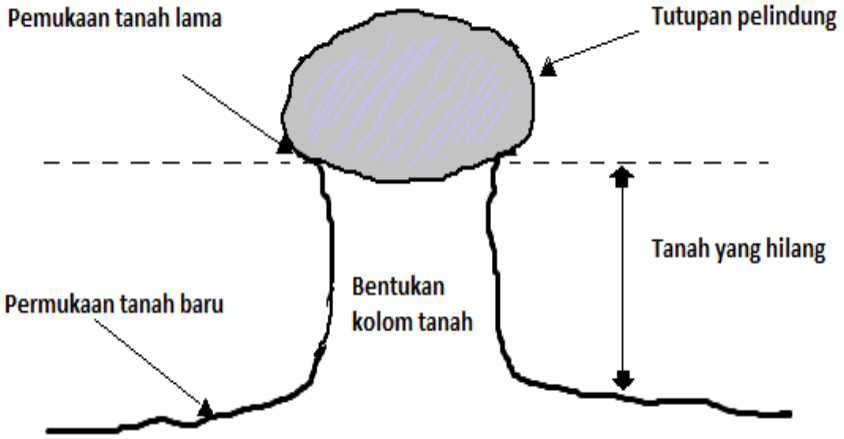
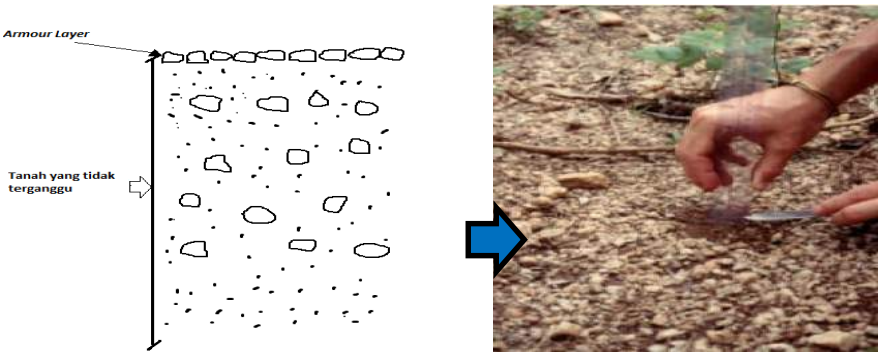
4.6. Pengamatan Erosi Di Lapangan

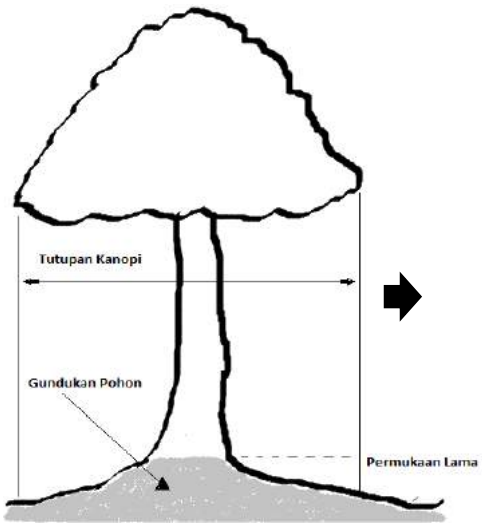
Pengamatan erosi dilakukan secara kualitatif dengan memperhatikan indikator terjadinya erosi lembar dan alur yaitu kenampakan pedestal, *armour layer*, singkapan akar, maupun kenampakan fisik lain yang mengindikasikan adanya erosi.

Pengamatan indikator erosi dilakukan untuk memvalidasi hasi perhitungan erosi secara kuantitatif sebagai pengganti pengukuran erosi aktual menggunakan *plot* ataupun pengukuran sedimen yang tidak dilakukan dalam penelitian ini. Beberapa kenampakan di lapangan sebagai indikator terjadinya erosi disajikan pada Tabel 4.5 yaitu:

Tabel 4.5. Indikator Erosi Kualitatif

Indikator	**Deskripsi**
Pedestal	Merupakan suatu kolom tanah yang tersisa dari permukaan tanah yang tererosi karena terlingdung oleh batuan ataupun akar. Pedestal terjadi karena perbedaan erosi percik yang mengerosi partikel tanah sekitar pedestal namun tidak pada tanah bagian yang terlindungi. Biasanya terjadi dibawah pohon atau tanaman, karena intersepsi air pada tanaman menjadikan energi tetesan hujan makin besar untuk menghancurkan agregat tanah.

	
Armour Layer	Merupakan kenampakan terkonsentrasi pada permukaan tanah yang kasar biasanya akan terdistribusi secara random pada seluruh permukaan tanah. Terjadi pada tanah berbatu atau berpasir dengan kandungan bahan organik, lempung dan debu yang cukup. 

Singkapan akar	Tumbuhan atau akar pohon yang tampak merupakan tanda adanya penurunan lapisan tanah. Tanah yang awalnya menutupi akar hilang sehingga mengakibatkan dasar dari batang dan pohon atau akar yang lateral, terlihat sebagian di atas permukaan tanah.
Tree Mound	Suatu gundukan tanah di sekitar tanaman yang menunjukkan stuasi bahwa tanah di bawah sebiah kanopi pohon memiliki level yang lebih tinggi dari lapisan tanah di sekitarnya. 

Sumber: Stocking-Murnaghan (2000)

4.7. Uji Akurasi

Pengecekan lapangan dilakukan untuk mendapatkan kondisi lahan dan erosi aktual yang akan dipakai untuk uji akurasi tingkat ketelitian metode yang digunakan.

Uji akurasi terhadap hasil pemodelan dilakukan dengan membandingkan hasil pemodelan dengan pengamatan lapangan dalam bentuk matriks kesalahan (*confussion matrix*). Uji akurasi yang akan diterapkan dengan menggunakan akurasi keseluruhan (*overall accuracy*), akurasi penghasil (*producer accuracy*), akurasi pemakai (*user accuracy)*.

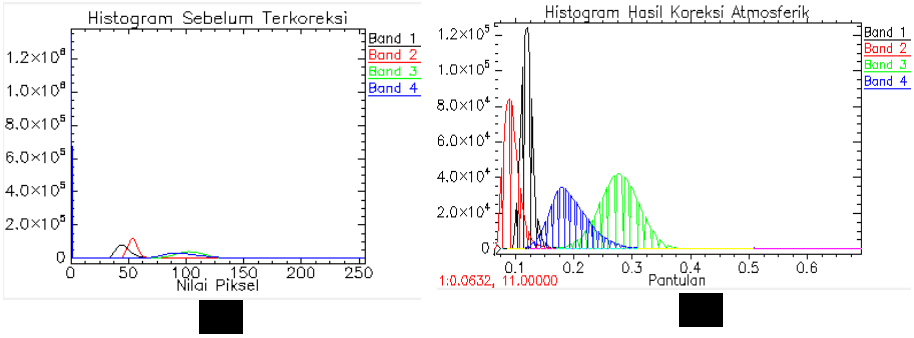
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1. HASIL

5.1.1. Analisis Citra Penginderaan Jauh Sebagai Masukan Pemodelan Erosi

Salah satu data input yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra SPOT 5 hasil rekaman 24 oktober 2014. Selain sebagai masukan model, citra juga digunakan pra-pemodelan untuk penyiapan data input yaitu analisis bentuk lahan, penggunaan lahan, transformasi indeks vegetasi dan analisis kerapatan vegetasi. Sebelum digunakan untuk analisis terlebih dahulu dilakukan koreksi pada citra yaitu koreksi radiometrik dan koreksi geometrik.

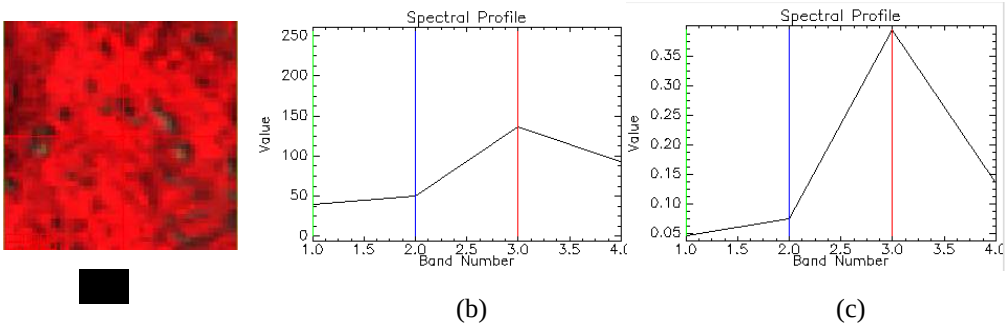
Koreksi radiometrik pada Citra SPOT 5 yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan sampai pada tahap koreksi atmosfer atas atau TOA (*Top of Atmosphere*). Koreksi radiometrik TOA dilakukan melalui dua tahap menggunakan metadata citra SPOT 5 yang digunakan, tahap pertama adalah koreksi pengaruh atmosfer (LTOA) menggunakan persamaan 3.1, dan tahap kedua adalah koreksi energi pantulan yang direkam sensor (ρTOA) menggunakan persamaan 3.2. Perbedaan histogram citra sebelum koreksi dan setelah koreksi radiometrik ditunjukan pada Gambar 5.1 berikut



Gambar 5.1. Histogram Citra Sebelum (a) dan Setelah Koreksi Radiometrik (b)

(Sumber: Pengolahan Citra SPOT 5, 2017)

Nilai pantulan yang tinggi pada saluran 3 diakibatkan oleh pengaruh vegetasi yang banyak ditemukan di daerah kajian. Perbedaan kurva pantulan juga dapat ditunjukan oleh objek vegetasi seperti yang disajikan pada Gambar 5.2 berikut

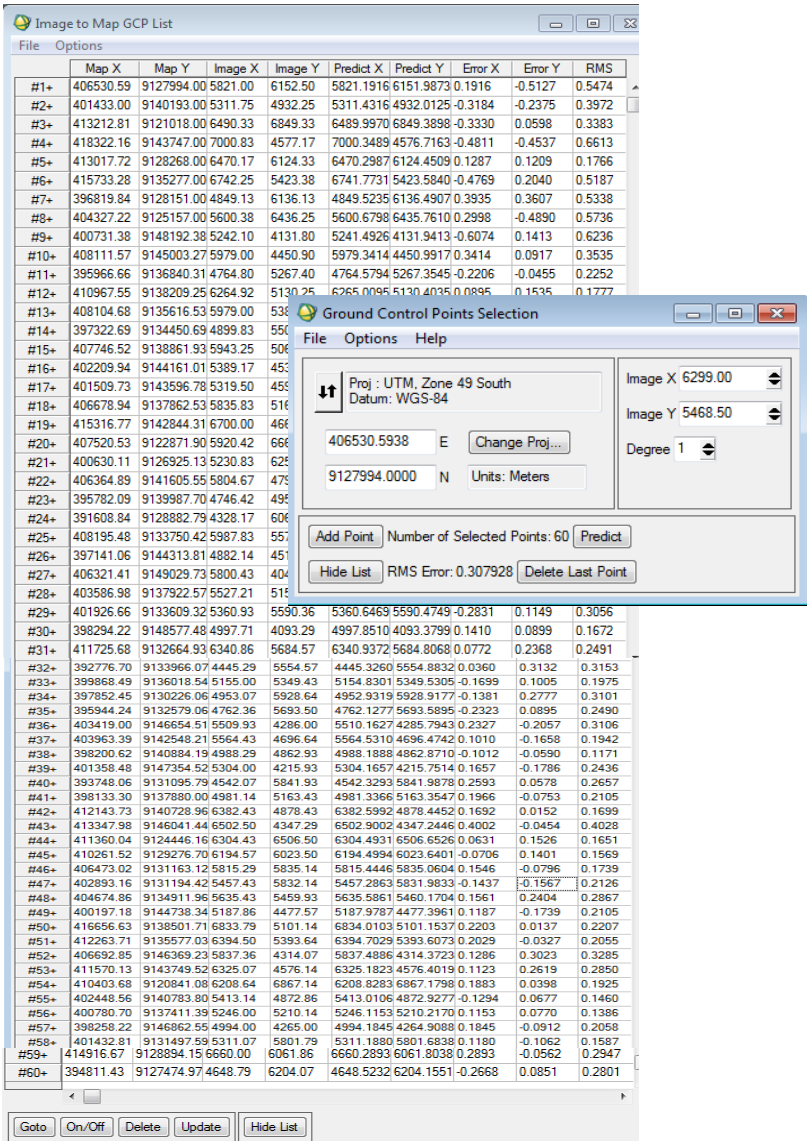


(b) (c)

Gambar 5.2.Perbedaan Kurva Pantulan Vegetasi
(a) objek vegetasi pada citra SPOT (komposit 312); (b) kurva pantulan objek sebelum koreksi radiometrik; (c) kurva pantulan objek setelah koreksi radiometrik (ρTOA)

Gambar 5.2 b menunjukkan nilai piksel awal dengan rentang 0-255 (8 bit). Gambar 5.2 c menunjukkan histrogram hasil dari proses koreksi dengan nilai piksel citra berubah menjadi nilai presentase energi yang dipantulkan obyek pada tiap panjang gelombang.

Koreksi geometrik dilakukan dengan koordinat referensi yaitu peta RBI. Titik kontrol yang digunakan 60 (*Ground Control Point*) dengan nilai RMSE 0,307928 yang artinya pada kenyataan terjadi pergeseran sebesar 0,307928 *pixel* x$\frac{10\ meter}{pixel}$ = 3,079 meter. Daftar titik kontrol yang digunakan disajikan pada Gambar 5.3 berikut



	Map X	Map Y	Image X	Image Y	Predict X	Predict Y	Error X	Error Y	RMS
#1+	406530.59	9127994.00	5821.00	6152.50	5821.1916	6151.9873	0.1916	-0.5127	0.5474
#2+	401433.00	9140193.00	5311.75	4932.25	5311.4316	4932.0125	-0.3184	-0.2375	0.3972
#3+	413212.81	9121018.00	6490.33	6849.33	6489.9970	6849.3898	-0.3330	0.0598	0.3383
#4+	418322.16	9143747.00	7000.83	4577.17	7000.3489	4576.7163	-0.4811	-0.4537	0.6613
#5+	413017.72	9128268.00	6470.17	6124.33	6470.2987	6124.4509	0.1287	0.1209	0.1766
#6+	415733.28	9135277.00	6742.25	5423.38	6741.7731	5423.5840	-0.4769	0.2040	0.5187
#7+	396819.84	9128151.00	4849.13	6136.13	4849.5235	6136.4907	0.3935	0.3607	0.5338
#8+	404327.22	9125157.00	5600.38	6436.25	5600.6798	6435.7610	0.2998	-0.4890	0.5736
#9+	400731.38	9148192.38	5242.10	4131.80	5241.4926	4131.9413	-0.6074	0.1413	0.6236
#10+	408111.57	9145003.27	5979.00	4450.90	5979.3414	4450.9917	0.3414	0.0917	0.3535
#11+	395966.66	9136840.31	4764.80	5267.40	4764.5794	5267.3545	-0.2206	-0.0455	0.2252
#12+	410967.55	9138209.25	6264.92	5130.25	6265.0095	5130.4035	0.0895	0.1535	0.1777
#13+	408104.68	9135616.53	5979.00	538					
#14+	397322.69	9134450.69	4899.83	550					
#15+	407746.52	9138861.93	5943.25	506					
#16+	402209.94	9144161.01	5389.17	453					
#17+	401509.73	9143596.78	5319.50	459					
#18+	406678.94	9137862.53	5835.83	516					
#19+	415316.77	9142844.31	6700.00	466					
#20+	407520.53	9122871.90	5920.42	668					
#21+	400630.11	9126925.13	5230.83	625					
#22+	406364.89	9141605.55	5804.67	479					
#23+	395782.09	9139987.70	4746.42	495					
#24+	391608.84	9128882.79	4328.17	608					
#25+	408195.48	9133750.42	5987.83	557					
#26+	397141.06	9144313.81	4882.14	451					
#27+	406321.41	9149029.73	5800.43	404					
#28+	403586.98	9137922.57	5527.21	515					
#29+	401926.66	9133609.32	5360.93	5590.36	5360.6469	5590.4749	-0.2831	0.1149	0.3056
#30+	398294.22	9148577.48	4997.71	4093.29	4997.8510	4093.3799	0.1410	0.0899	0.1672
#31+	411725.68	9132664.93	6340.86	5684.57	6340.9372	5684.8068	0.0772	0.2368	0.2491
#32+	392776.70	9133966.07	4445.29	5554.57	4445.3260	5554.8832	0.0360	0.3132	0.3153
#33+	399868.49	9136018.54	5155.00	5349.43	5154.8301	5349.5305	-0.1699	0.1005	0.1975
#34+	397852.45	9130226.06	4953.07	5928.64	4952.9319	5928.9177	-0.1381	0.2777	0.3101
#35+	395944.24	9132579.06	4762.36	5693.50	4762.1277	5693.5895	-0.2323	0.0895	0.2490
#36+	403419.00	9146654.51	5509.93	4286.00	5510.1627	4285.7943	0.2327	-0.2057	0.3106
#37+	403963.39	9142548.21	5564.43	4696.64	5564.5310	4696.4742	0.1010	-0.1658	0.1942
#38+	398200.62	9140884.19	4988.29	4862.93	4988.1888	4862.8710	-0.1012	-0.0590	0.1171
#39+	401358.48	9147354.52	5304.00	4215.93	5304.1657	4215.7514	0.1657	-0.1786	0.2436
#40+	393748.06	9131095.79	4542.07	5841.93	4542.3293	5841.9878	0.2593	0.0578	0.2657
#41+	398133.30	9137880.00	4981.14	5163.43	4981.3366	5163.3547	0.1966	-0.0753	0.2105
#42+	412143.73	9140728.96	6382.43	4878.43	6382.5992	4878.4452	0.1692	0.0152	0.1699
#43+	413347.98	9146041.44	6502.50	4347.29	6502.9002	4347.2446	0.4002	-0.0454	0.4028
#44+	411360.04	9124446.16	6304.43	6506.50	6304.4931	6506.6526	0.0631	0.1526	0.1651
#45+	410261.52	9129276.70	6194.57	6023.50	6194.4994	6023.6401	-0.0706	0.1401	0.1569
#46+	406473.02	9131163.12	5815.29	5835.14	5815.4446	5835.0604	0.1546	-0.0796	0.1739
#47+	402893.16	9131194.42	5457.43	5832.14	5457.2863	5831.9833	-0.1437	-0.1567	0.2126
#48+	404674.86	9134911.96	5635.43	5459.93	5635.5861	5460.1704	0.1561	0.2404	0.2867
#49+	400197.18	9144738.34	5187.86	4477.57	5187.9787	4477.3961	0.1187	-0.1739	0.2105
#50+	416656.63	9138501.71	6833.79	5101.14	6834.0103	5101.1537	0.2203	0.0137	0.2207
#51+	412263.71	9135577.03	6394.50	5393.64	6394.7029	5393.6073	0.2029	-0.0327	0.2055
#52+	406692.85	9146369.23	5837.36	4314.07	5837.4886	4314.3723	0.1286	0.3023	0.3285
#53+	411570.13	9143749.52	6325.07	4576.14	6325.1823	4576.4019	0.1123	0.2619	0.2850
#54+	410403.68	9120841.08	6208.64	6867.14	6208.8283	6867.1798	0.1883	0.0398	0.1925
#55+	402448.56	9140783.80	5413.14	4872.86	5413.0106	4872.9277	-0.1294	0.0677	0.1460
#56+	400780.70	9137411.39	5246.00	5210.14	5246.1153	5210.2170	0.1153	0.0770	0.1386
#57+	398258.22	9146862.55	4994.00	4265.00	4994.1845	4264.9088	0.1845	-0.0912	0.2058
#58+	401432.81	9131497.59	5311.07	5801.79	5311.1880	5801.6838	0.1180	-0.1062	0.1587
#59+	414916.67	9128894.15	6660.00	6061.86	6660.2893	6061.8038	0.2893	-0.0562	0.2947
#60+	394811.43	9127474.97	4648.79	6204.07	4648.5232	6204.1551	-0.2668	0.0851	0.2801

Gambar 5.3. Daftar Koordinat Point Kontrol dan RMS Error Koreksi Geometrik

5.1.2. Penyusunan Peta Parameter Erosi

Parameter erosi yang digunakan dalam penelitian ini merupakan gabungan data spektral dari citra penginderaan jauh dan data non spektral (non citra). Pengolahan data parameter erosi dilakukan dengan integrasi penginderaan jauh dan SIG. Data non spektral yaitu erosivitas dan erodibilitas dianalisis melalui proses berbagai metode interpolasi dengan menguji akurasi masing-masing metode tersebut.

5.1.2.1.Faktor Erosivitas (R)

Nilai erosivitas diperoleh dari hasi perhitungan curah hujan rata-rata selama tahun 2004 – 2014 menggunakan persamaan 2.24. Nilai erosivitas tahunan diperoleh dengan menghitung erosivitas bulanan pada masing-masing stasiun yang disajikan sebagai berikut

Tabel 5.1. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Temon (2004-2014)

Bulan	**RAIN(cm)**	**DAYS (Hari)**	**MAXP (cm)**	**R_m**
Jan	35,99	19,3	7,30	333,60
Feb	24,80	15,4	7,59	241,16
Mar	30,36	16,1	7,44	298,67
Apr	16,21	10,4	4,83	136,47
Mei	9,96	6,7	3,58	79,42
Jun	8,33	4,3	2,65	67,18
Jul	5,20	3,1	2,75	45,21
Agt	0,35	0,9	0,38	1,10
Sept	2,99	1,6	1,24	20,69
Okt	9,02	3,8	3,27	87,67
Nop	28,39	12,2	8,32	332,71
Des	38,97	19,8	9,59	419,29
Jumlah	**210,58**	**113,60**		**2063,17**

Berdasarkan Tabel 5.1 jumlah rata-rata curah hujan di stasiun Temon yaitu 210,58 cm dengan curah hujan rata-rata bulanan tertinggi terjadi pada bulan Desember 38,97 cm dan terendah terjadi pada bulan Agustus dengan rata-rata 0,35 cm. Rata-rata curah hujan bulanan diperoleh dari rata-rata curah hujan harian selama tahun 2004 - 2014. Indeks erosivitas tahunan (R_y) yaitu 2063,17 merupakan jumlah dari erosivitas bulanan. Erosivitas tahunan pada stasiun Singkung disajikan pada Tabel 5.2

Tabel 5.2. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Singkung (2004-2014)

Bulan	RAIN(cm)	DAYS (Hari)	MAXP (cm)	Rm
Jan	24,83	15,82	3,75	164,15
Feb	25,41	14,73	3,56	169,79
Mar	23,13	12,82	4,17	175,83
Apr	14,25	10,36	3,57	99,62
Mei	15,52	6,45	2,34	110,24
Jun	5,45	3,73	2,04	37,52
Jul	2,06	2,45	0,36	5,60
Agt	0,61	0,64	0,05	0,87
Sept	2,47	1,18	0,73	14,33
Okt	7,79	3,82	2,54	64,17
Nop	22,96	10,91	4,83	203,37
Des	28,33	15	7,02	275,15
Jumlah	**172,82**	**97,91**		**1320,64**

Tabel 5.2. menunjukan indeks erosivitas tahunan (R_y) di stasiun Singkung yaitu 1320,64 dengan jumlah curah hujan rata-rata 172,82 cm. Curah hujan rata-rata bulanan tertinggi terjadi pada bulan Desember yaitu 28,33 cm dan jumlah hari hujan terbanyak rata-rata 15,82 hari terjadi pada bulan Januari. Sedangkan jumlah curah hujan terendah 0,61 cm dengan jumlah rata-rata hari paling sedikit 0,64 hari terjadi pada bulan Agustus.

Tabel 5.3. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Boroarea (2004-2014)

Bulan	RAIN(cm)	DAYS (Hari)	MAXP (cm)	Rm
Jan	31,62	21,64	7,36	271,38
Feb	26,41	21,55	5,76	192,04
Mar	25,80	20,45	7,04	212,74
Apr	18,38	16,55	6,53	149,93
Mei	12,15	11,73	3,57	77,54
Jun	5,05	5,64	2,21	29,33
Jul	3,44	4,91	1,46	15,75
Agt	0,38	1,91	0,19	0,59
Sept	3,19	5,00	0,88	10,92
Okt	9,86	8,36	2,84	62,56
Nop	27,62	19,09	6,26	224,32
Des	34,76	22,64	9,70	344,87
Jumlah	**198,66**	**159,45**		**1591,97**

Tabel 5.3 menunjukan hasil perhitungan erosivitas tahunan di stasiun Boroarea (R_y) yaitu 1591,97. Rata-rata curah hujan tertinggi 34,76 cm dengan jumlah hari hujan terbanyak terjadi pada bulan Desember. Sedangkan curah hujan terendah 0,38 cm terjadi pada bulan Agustus dengan jumlah hari hujan paling sedikit 1,91 hari terjadi dibulan yang sama. Jumlah rata-rata curah hujan total 198,66 cm dengan jumlah hari 159,45 hari.

Tabel 5.4. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Hargorejo (2004-2014)

Bulan	**RAIN(cm)**	**DAYS (Hari)**	**MAXP (cm)**	**Rm**
Jan	30,67	17,00	6,41	272,31
Feb	25,06	14,55	6,41	229,37
Mar	27,12	14,91	6,61	253,65
Apr	17,56	10,18	4,85	152,14
Mei	9,49	7,00	3,23	69,48
Jun	5,28	3,64	2,10	37,01
Jul	3,01	3,45	1,23	14,44
Agt	0,57	1,00	0,38	1,83
Sept	3,19	1,64	1,22	21,93
Okt	8,23	4,27	2,64	66,25
Nop	27,94	12,18	8,55	331,45
Des	37,90	17,09	7,88	391,50
Jumlah	**196,01**	**106,91**		**1841,36**

Tabel 5.4 menunjukan hasil perhitungan erosivitas di stasiun Hargorejo, dengan indeks erosivitas tahunan (R_y) 1841,36. Rata-rata curah hujan tertinggi 37,90 terjadi pada bulan Desember dan terendah 0,57 cm terjadi pada bulan Agustus. Jumlah hari hujan paling banyak terjadi pada bulan Desember dan Januari dengan rata-rata 17 hari, jumlah hari hujan paling sedikit rata-rata 1 hari terjadi pada bulan Agustus.

Tabel 5.5. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Kokap (2004-2014)

Bulan	RAIN(cm)	DAYS (Hari)	MAXP (cm)	Rm
Jan	28,56	20,00	6,20	227,38
Feb	23,36	16,82	6,43	197,14
Mar	25,79	16,91	6,58	224,49
Apr	15,69	11,45	5,16	129,91
Mei	9,74	8,73	3,50	67,42
Jun	5,07	4,27	2,10	32,68
Jul	2,23	3,73	1,10	9,12
Agt	0,37	1,09	0,33	0,99
Sept	2,47	1,82	1,13	14,74
Okt	7,17	4,27	3,16	61,73
Nop	27,18	14,73	7,92	281,61
Des	39,67	18,73	8,37	409,20
Jumlah	**187,32**	**122,55**		**1656,39**

Tabel 5.5 menunjukan hasil perhitungan erosivitas di stasiun Kokap dengan indeks erosivitas tahunan 1656,39. Jumlah curah hujan rata-rata 187,32 cm dengan curah hujan rata-rata bulanan tertinggi 39,67 cm terjadi pada bulan Agustus, namun jumlah hari hujan paling banyak terjadi pada bulan Januari dengan rata-rata 20 hari. Sedangkan jumlah curah hujan terendah 0,37 cm terjadi pada bulan Agustus dengan jumlah hari hujan paling sedikit 1,09 hari.

Tabel 5.6. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Kenteng (2004-2014)

Bulan	RAIN(cm)	DAYS (Hari)	MAXP (cm)	Rm
Jan	22,70	15,64	3,85	150,23
Feb	23,60	14,45	3,43	153,68
Mar	23,68	13,45	3,75	167,31
Apr	12,34	8,64	3,36	88,32
Mei	11,89	6,00	1,58	67,31
Jun	4,50	3,18	1,35	25,67
Jul	2,05	2,45	0,38	5,75
Agt	0,65	1,00	0,07	0,89
Sept	2,36	1,18	0,72	13,43
Okt	7,39	3,64	2,49	60,80
Nop	19,45	10,27	4,69	168,50
Des	26,79	15,18	6,75	250,51
Jumlah	**157,40**	**95,09**		**1152,39**

Tabel 5.6 menunjukan hasil perhitungan erosivitas di stasiun Kenteng dengan indeks erosivitas (R_y) tahunan 1152,39. Curah hujan total dari rata-rata bulanan yaitu 157,40 cm, rata-rata tertinggi 26,79 cm terjadi pada bulan Desember sedangkan jumlah hari hujan terbanyak pada bulan januari yaitu 15,64 hari. Rata-rata curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus 0,65 cm dengan jumlah hari paling sedikit pada bulan ini yaitu rata-rata 1 hari.

Tabel 5.7. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Plaosan (2004-2014)

Bulan	**RAIN(cm)**	**DAYS (Hari)**	**MAXP (cm)**	**Rm**
Jan	26,97	17,45	6,34	228,80
Feb	25,67	16,91	5,05	193,91
Mar	26,24	18,27	7,09	229,82
Apr	20,34	13,82	5,37	166,18
Mei	7,38	9,09	2,94	43,10
Jun	6,07	3,73	3,37	55,68
Jul	3,21	3,91	1,83	18,21
Agt	0,32	2,55	0,10	0,29
Sept	3,03	4,09	1,18	13,15
Okt	11,56	8,09	5,35	107,73
Nop	30,19	15,18	7,23	300,34
Des	37,98	19,64	9,07	396,14
Jumlah	**198,95**	**132,73**		**1753,34**

Tabel 5.7 menunjukan hasil perhitungan erosivitas di stasiun Plaosan dengan indeks erosivitas tahunan 1753,34. Jumlah curah hujan rata-rata tahunan yaitu 198,95 cm dengan curah hujan tertinggi 37,98 cm terjadi pada bulan Desember, jumlah hari hujan paling banyak juga terjadi pada bulan ini yaitu rata-rata 19,64 hari. Sedangkan rata-rata curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus yaitu 0,32 cm dengan jumlah hari rata-rata 2,55 hari.

Tabel 5.8. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Wates (2004-2014)

Bulan	RAIN(cm)	DAYS (Hari)	MAXP (cm)	Rm
Jan	29,07	11,36	6,80	318,14
Feb	26,07	9,45	6,72	302,24
Mar	20,65	10,36	6,67	217,33
Apr	15,26	8,45	2,18	91,71
Mei	10,30	5,00	3,60	95,15
Jun	4,40	2,55	2,21	36,11
Jul	2,93	1,82	1,36	19,92
Agt	0,24	0,45	0,20	0,67
Sept	2,51	1,36	1,01	16,15
Okt	8,58	4,18	3,18	77,78
Nop	24,78	8,36	7,21	312,42
Des	33,77	12,64	7,89	392,69
Jumlah	**178,55**	**76,00**		**1880,31**

Tabel 5.8 menunjukan hasi perhitungan erosivitas di stasiun Wates dengan indeks erosivitas tahunan diperoleh 1880,31. Curah hujan rata-rata tertinggi 33,77 cm dengan jumlah hari hujan paling banyak rata-rata 12,64 hari terjadi pada bulan Desember. Sedangkan rata-rata curah hujan terendah 0,24 cm terjadi pada bulan Agustus, pada bulan ini juga terjadi jumlah hari hujan paling sedikit dengan rata-rata 0,45 hari.

Tabel 5. 9. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Gembongan (2004- 2014)

Bulan	RAIN(cm)	DAYS (Hari)	MAXP (cm)	Rm
Jan	25,51	20,55	5,31	180,33
Feb	24,94	16,73	6,27	211,08
Mar	22,30	15,45	5,80	183,70
Apr	15,93	11,64	5,30	133,23
Mei	7,85	6,82	2,83	52,12
Jun	3,16	3,55	1,35	15,91
Jul	2,26	2,09	1,07	12,01
Agt	0,16	0,18	0,07	0,37
Sept	1,02	1,09	0,27	3,03
Okt	6,07	2,82	3,23	62,05
Nop	22,42	12,09	6,74	224,62
Des	36,81	18,91	9,12	389,36
Jumlah	**168,43**	**111,91**		**1467,83**

Tabel 5.9 menunjukan hasil perhitungan erosivitas di stasiun Gembongan. Indeks erosivitas tahunan diperoleh 1467,83 dengan jumlah curah hujan rata-rata tahunan 168,43 cm dan jumlah hari hujan 111,91 hari. Curah hujan rata-rata bulanan tertinggi 36,81 terjadi pada bulan Desember, namun jumlah hari hujan terbanyak terjadi pada bulan Januari yaitu 20,55 hari. Sedangkan curah hujan rata-rata bulanan terendah 0,16 cm terjadi pada bulan Agustus dan jumlah hari paling sedikit hujan 0,18 hari terjadi pada bulan Agustus.

Tabel 5.10. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Pengasih (2004-2014)

Bulan	**RAIN(cm)**	**DAYS (Hari)**	**MAXP (cm)**	**Rm**
Jan	23,37	18,64	23,90	376,89
Feb	23,55	17,09	11,80	272,57
Mar	19,95	16,00	13,80	249,93
Apr	16,55	12,55	15,50	237,70
Mei	9,07	8,18	4,56	73,36
Jun	4,26	4,55	1,64	22,57
Jul	2,06	2,82	1,83	12,41
Agt	0,29	0,45	1,85	2,79
Sept	1,80	1,09	1,16	12,98
Okt	6,37	4,27	1,17	31,59
Nop	21,61	14,73	1,31	82,17
Des	32,18	19,73	2,41	160,24
Jumlah	**161,06**	**120,09**		**1535,20**

Tabel 5.10 menunjukan hasil perhitungan erosivitas di stasiun Pengasih, indeks erosivitas tahunan (R_y) diperoleh 1535,20. Jumlah rata-rata curah hujan tahunan 161,06 cm dengan rata-rata curah hujan tertinggi 32,18 cm terjadi pada bulan Desember dan rata-rata curah hujan terendah 0,29 cm terjadi pada bulan Agustus. Jumlah hari hujan terbanyak 19,73 hari terjadi pada bulan Desember sedangkan jumlah hari hujan paling sedikit 0,45 hari terjadi pada bulan Agustus.

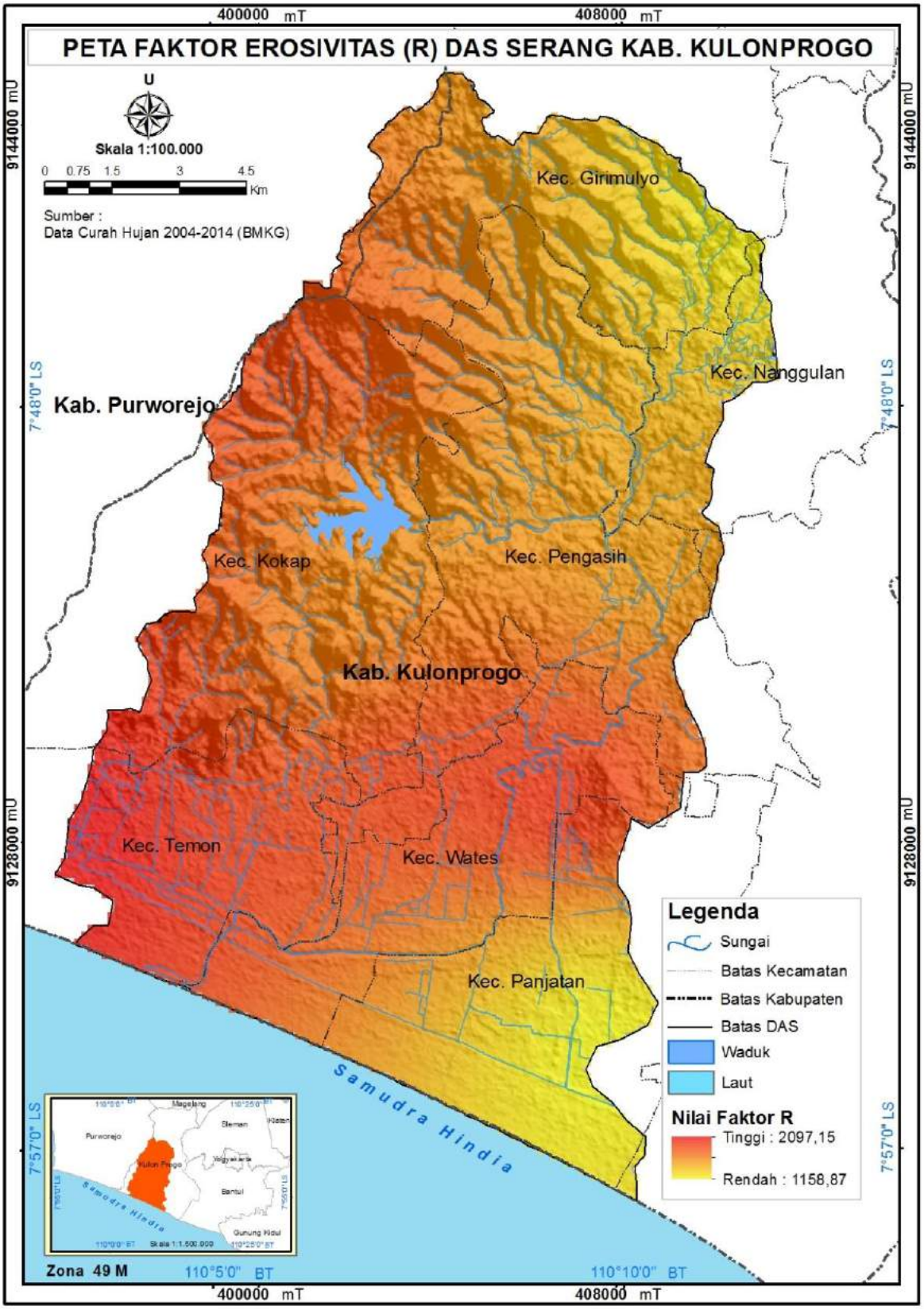
Tabel 5.11. Perhitungan Erosivitas (R_m) Stasiun Panjatan (2004-2014)

Bulan	RAIN(cm)	DAYS (Hari)	MAXP (cm)	Rm
Jan	23,78	14,00	6,80	226,17
Feb	18,92	11,64	6,37	180,76
Mar	19,78	12,00	6,76	194,01
Apr	12,85	9,64	3,10	84,45
Mei	8,13	5,36	3,23	65,29
Jun	4,41	3,36	1,84	28,79
Jul	2,34	2,36	1,24	12,77
Agt	0,05	0,18	0,04	0,06
Sept	1,51	1,36	0,93	8,39
Okt	5,09	3,91	2,58	38,20
Nop	17,22	10,91	7,22	177,68
Des	26,49	15,45	7,07	251,21
Jumlah	**140,55**	**90,18**		**1267,77**

Tabel 5.11 menunjukan hasil perhitungan erosivitas di stasiun Panjatan dengan indek erosivitas tahunan diperoleh 1267,77. Jumlah rata-rata curah hujan tahunan 140,55 cm dengan rata-rata tertinggi 26,49 cm terjadi pada bulan Desember dan curah hujan rata-rata terendah 0,18 cm terjadi pada bulan Agustus. Jumlah hari hujan tahunan 90,18 hari dengan jumlah hari hujan bulanan paling banyak 15,45 hari terjadi pada bulan Desember dan jumlah hari hujan paling sedikit 0,18 hari terjadi pada bulan Agustus.

Berdasarkan analisis hasil perhitungan erosivitas pada masing-masing stasiun, erosivitas tertinggi pada seluruh stasiun terjadi pada bulan Desember sedangkan erosivitas terendah terjadi pada bulan Agustus dengan indeks erosivitas terendah di stasiun Kenteng yaitu 1152,39 dan stasiun Panjatan 1267,77. Sedangkan erosivitas tertinggi 2063,17 terjadi di stasiun Temon.

Data tersebut kemudian diolah untuk pembuatan peta erosivitas menggunakan program ArcGIS 10 dengan metode interpolasi *spline* karena titik sampel yang digunakan tidak tersebar merata dan metode ini memenuhi nilai minimum dan maksimum data erosivitas yang digunakan. Pertimbangan lain karena data antar titik sampel yang digunakan memiliki perbedaan nilai yang tidak terlalu besar.



Gambar 5.4. Peta Erosivitas Hujan DAS Serang

Berdasarkan peta erosivitas (Gambar 5.4), indeks erosivitas tertinggi terdapat di kecamatan Temon, Wates, Kokap dan Girimulyo. Indeks erosivitas terendah terdapat di kecamatan Panjatan. Hasil ini sesuai dengan data curah hujan rata-rata tahunan (Tabel 4.2) dengan curah hujan terendah di stasiun kecamatan Panjatan curah hujan tertinggi terjadi di stasiun Temon. Artinya dari faktor erosivitas kecamatan Temon memiliki potensi erosi yang tinggi dibandingkan kecamatan Panjatan.

5.1.2.2.Faktor Erodibiltas (K)

Nilai K diperoleh dari hasil hasil perhitungan berdasarkan persamaan yang digunakan pada RUSLE (Persamaan 2.3). Persamaan tersebut menggunakan nilai partikel tanah (tekstur tanah) dalam menentukan nilai erodibilitas. Tekstur tanah merupakan salah satu sifat tanah yang mempengaruhi erosi, yaitu tanah dengan tekstur kasar lebih rendah erosi dibandingkan dengan tekstur halus karena tanah dengan debu halus dan pasir halus akan mudah terangkut (Arsyad, 2010)

Sampel yang digunakan untuk prediksi erodibilitas adalah yang digunakan untuk menghitung bahan organik dan permeabilitas tanah . Hasil analisis pada 52 sampel tanah dibagi menjadi dua sampel yaitu 37 sampel untuk prediksi nilai erodibilitas pada keseluruhan lokasi penelitian menggunakan berbagai metode interpolasi dan 15 sampel digunakan untuk uji ketelitian hasil prediksi dengan menghitung RMSE dan MAPE. Metode interpolasi nilai K dilakukan menggunakan beberapa metode yang tersedia pada *software* ArcGIS yaitu IDW, *spline*, *kriging* dengan berbagai variogram. Hasil uji ketelitian pada berbagai metode tersebut disajikan pada Tabel 5. 12 berikut

Tabel 5.12. Perbadingan Ketelitian Pada Beberapa Metode Interpolasi Nilai K

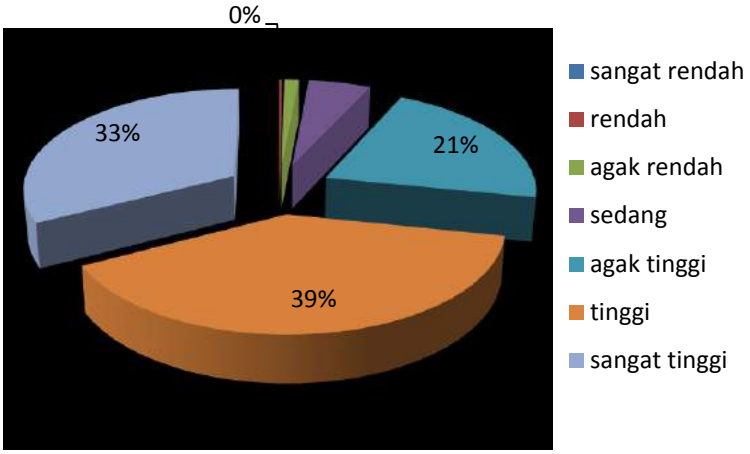
Standar Akurasi	**Metode Interpolasi**						
	IDW	**Spline**	**Kriging (Variogram)**				
			Spherical	**Linear**	**Gaussian**	**Exponent**	**Circular**
RMSE	0,058	0,101	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
MAPE	15,949	26,297	17,748	17,748	17,748	17,748	17,748

Sumber : Analisis, 2016

Tabel 5.12 diatas menunjukan metode dengan nilai RMSE dan MAPE terkecil adalah IDW. Pola sampel data dan metode sampling sangat berpengaruh

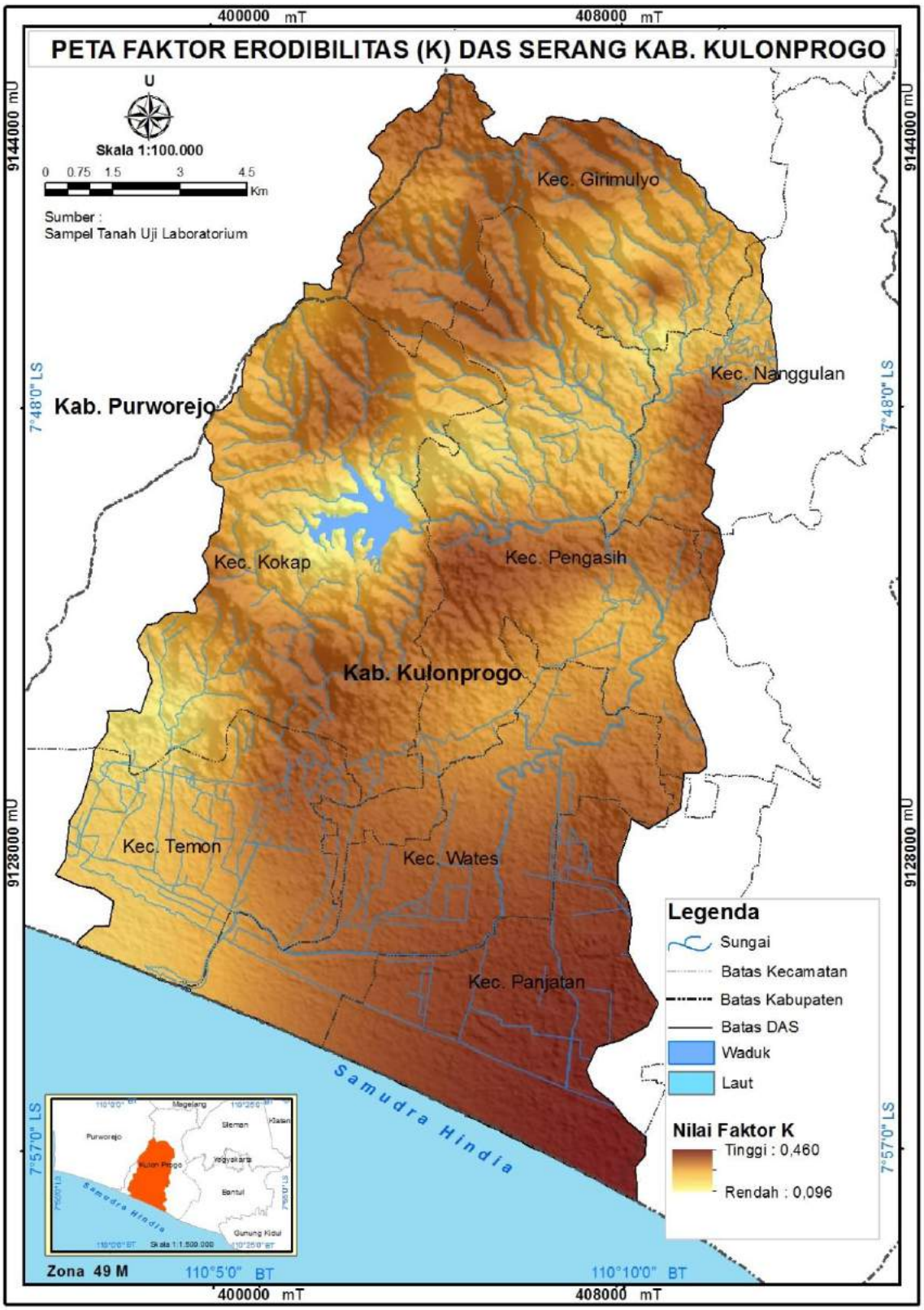
terhadap metode interpolasi (Li dan Hap, 2011; Yao et al, 2013). Penelitian ini tidak mengkaji lebih dalam faktor-faktor yang mempengaruhi nilai antar metode interpolasi berbeda.

Berdasarkan hasil interpolasi IDW, lokasi penelitian termasuk yang sangat rentan terhadap erosi karena rata-rata nilai erodibilitas diatas sedang (>0,25) ditunjukan oleh Gambar 5.5 dengan persentase distribusi kelas erodibilitas tinggi (39 %), sangat tinggi (33 %), agak tinggi (21 %) sedangkan sisanya sedang sampai sangat rendah (7 %).



Gambar 5.5. Persentase Distribusi ErodibilitasTanah di DAS Serang

Jika dilihat distribusi secara spasial maka wilayah dengan erodibilitas tinggi tersebar hampir diseluruh area penelitian, lebih di kecamatan Panjatan, Wates, Kokap, Pengasih, Girimulyo dan sebagian Nanggulan seperti yang ditunjukan pada Peta Erodibilitas Gambar 5.5. Peta erodibilitas ini akan menjadi salah satu masukan (*input*) dalam model prediksi erosi.



Gambar 5.6. Peta Erodibiltas Tanah

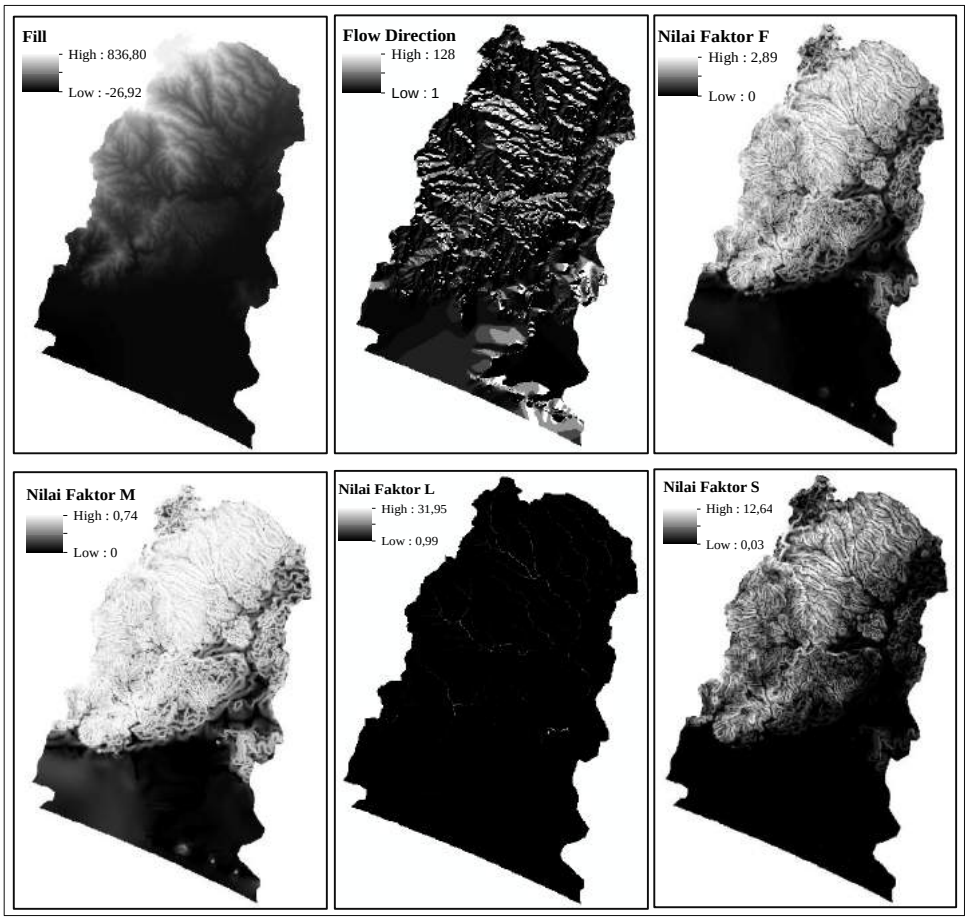
Nilai erodibilitas terendah terdapat di kecamatan Temon dan Kokap bagian tengah. Bahan organik dan berat jenis tanah di wilayah ini juga termasuk tinggi. Hubungan erodibiltas dan erosi berbanding lurus, apabila nilai erodibilitas kecil maka terjadinya erosi juga kecil, sebaliknya jika nilai erodibilitasnya besar maka terjadinya erosi juga besar sehingga didapatkan nilai erodibilitas.

5.1.2.3.Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Faktor LS dihitung menggunakan persamaan 2.26 dan 2.29. Hasil analisis pada faktor LS di lokasi penelitian diperoleh rentang nilai terendah 0,03 dan tertinggi 427,50 (Tabel 5.13). Penyusunan peta LS dilakukan pada *software* ArcGIS dengan beberapa tahapan seperti yang disajikan pada Gambar 5.7

Tabel 5.13. Nilai Statistik Faktor LS

Data	min	Max	Mean	St. dev
LS	0,03	427,50	2,73	3,85



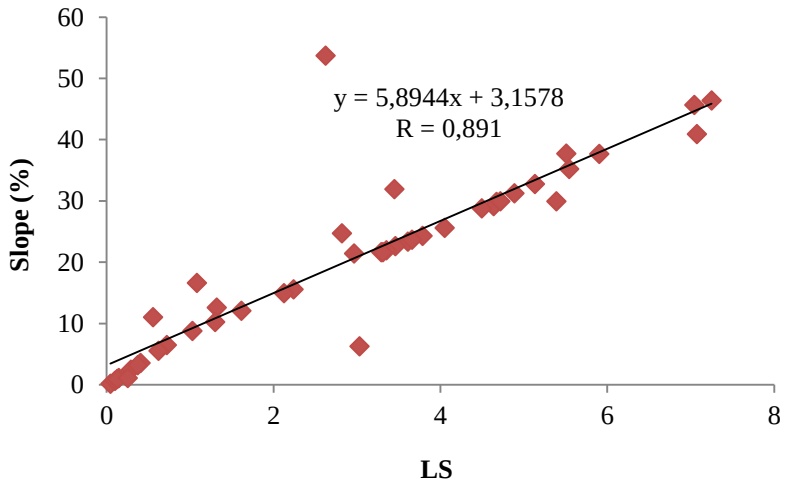
Gambar 5.7. Faktor Pembentuk Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Tabel 5.14. Nilai Beberapa LS Pada Berbagai Tipe Kemiringan Lereng

No Sampel	X	Y	Slope (%)	Klas Kemiringan	L	S	LS
1	407765	9132982	1,104	datar	1,02555	0,141219	0,144828
3	409976	9138098	12,055	landai	1,068874	1,510304	1,614324
5	404902	9143519	24,304	Agak Curam	1,091744	3,466861	3,784924
23	406279	9143620	35,205	curam	1,091234	5,077832	5,541103
29	405561	9139405	46,422	sangat curam	1,102931	6,572556	7,249073

Sumber :Analisis Data, 2015

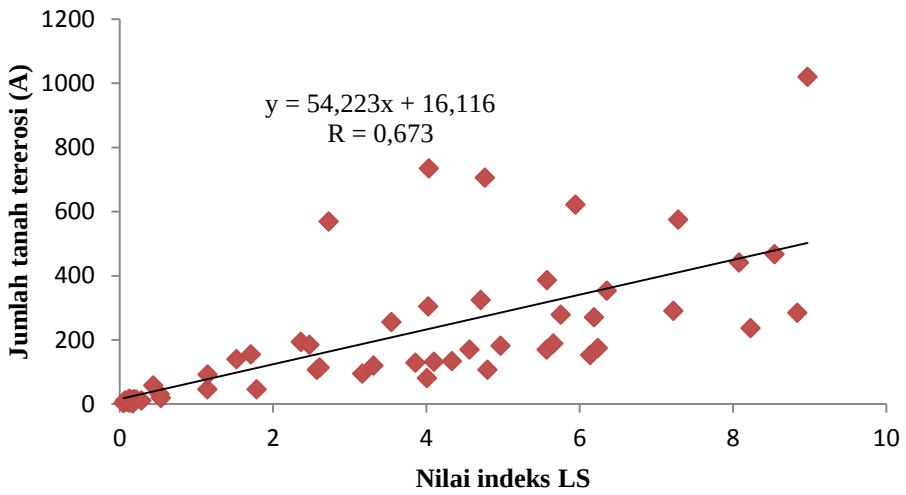
Kemiringan lereng memberikan pengaruh secara langsung terhadap nilai LS karena bersumber dari data yang sama yaitu data kontur. Sebagian besar daerah penelitian termasuk datar. Kemiringan lereng yang rendah akan memberikan kontribusi yang kecil terhadap nilai LS, sebaliknya kemiringan lereng tinggi maka nilai LS juga akan tinggi seperti ditunjukan pada Gambar 5.8



Gambar 5.8. Korelasi Nilai LS dan Kemiringan Lereng

Dilakukan perhitungan prediksi jumlah tanah tererosi secara kuantitatif pada data sampel, diperoleh nilai LS menunjukkan pengaruh yang cukup besar terhadap jumlah tanah tererosi (A). Nilai LS yang kecil maka potensi erosi juga kecil, demikian sebaliknya Nilai LS besar maka potensi erosi juga besar. Horton (1945) menunjukan bahwa erosi lebih meningkat pada lereng yang panjang dan

curam karena peningkatan kekuatan geser pada permukaan tanah. Korelasi ini ditunjukan pada Gambar 5.9

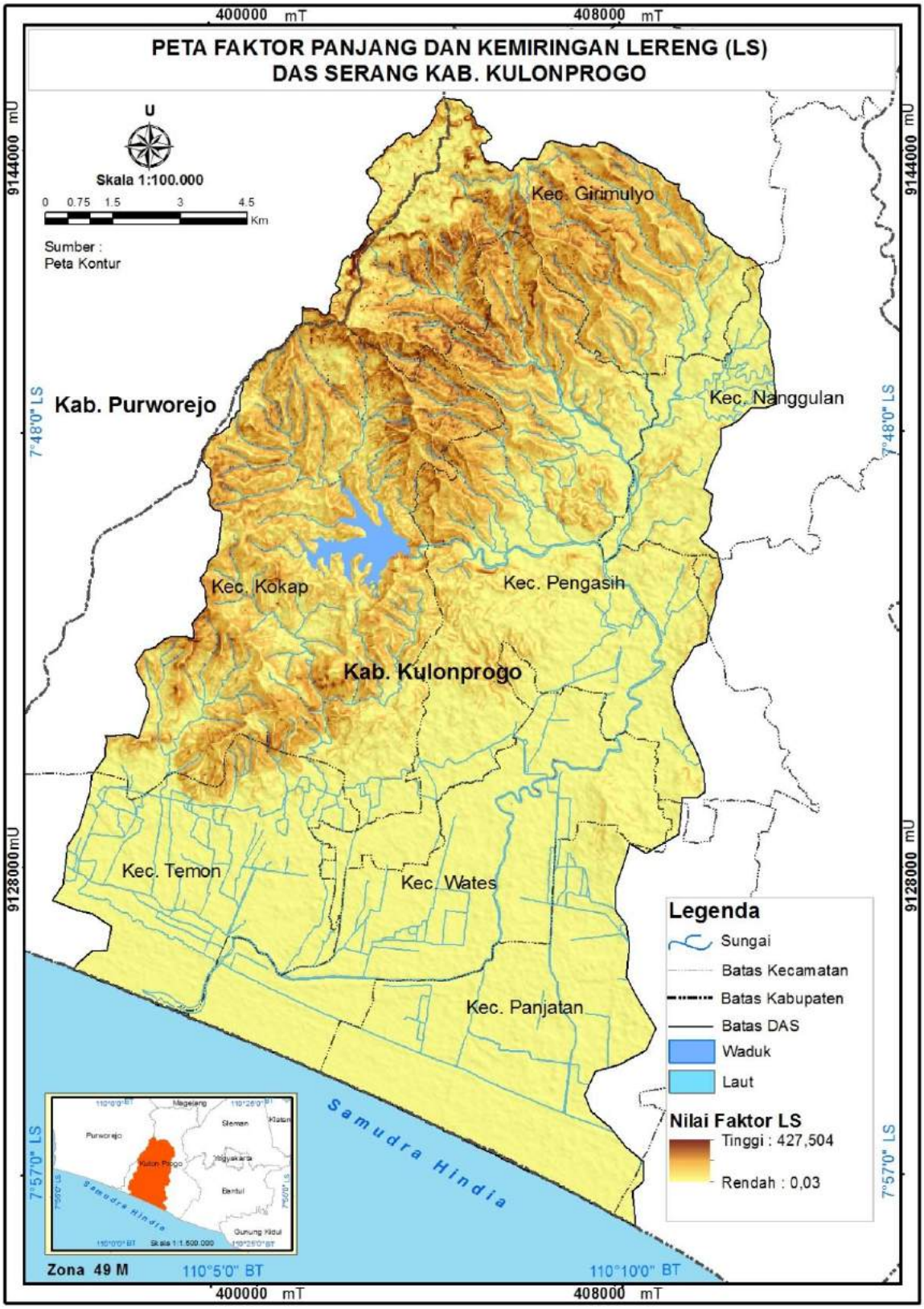


Gambar 5.9. Korelasi Nilai LS dan Jumlah Tanah Tererosi (A)

Beberapa kenampakan erosi di lapangan berada pada lereng yang landai hingga curam. Gambar 5.10 menunjukan singkapan akar dan *tree mound* sebagai dampak dari longsorlahan pada daerah tersebut. Kejadian ini terjadi pada daerah dengan kemiringan lereng agak curam (LS = 3,54) dan tanah dengan erodibilitas yang tinggi

Gambar 5.10. Kenampakan Erosi Sangat Berat

Lokasi: 401181 mT, 9132420 mU



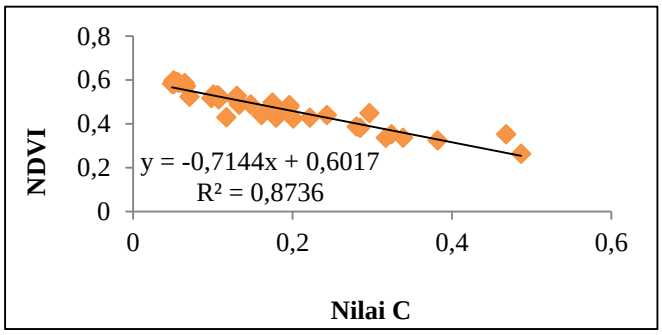
Gambar 5.11. Peta Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Berdasarkan peta LS (Gambar 5.11) distribusi spasial indeks LS terendah mendominasi di Kecamatan Wates, Temon, Panjatan dan sebagian Pengasih dan Nanggulan. Sedangkan distribusi indeks LS tinggi tersebar di kecamatan Kokap dan Girimulyo, artinya pada wilayah ini potensi terjadinya erosi lebih tinggi.

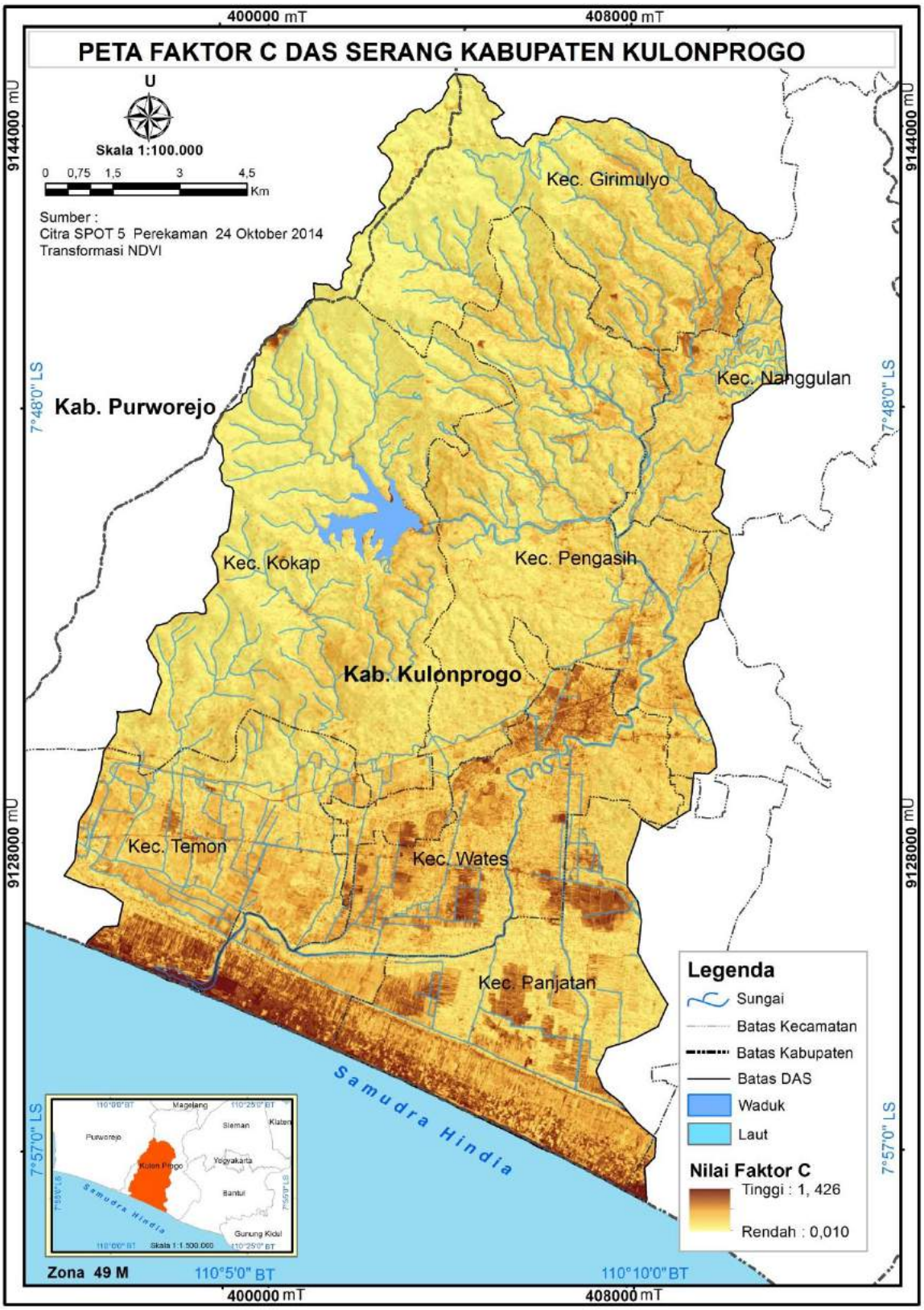
5.1.2.4.Faktor Pengelolaan Tanaman (C)

Pengamatan vegetasi dilakukan pada bulan Oktober 2015 pada kondisi musim kemarau sesuai dengan citra yang digunakan SPOT 5 direkam pada bulan oktober 2014 menurut data hujan tahun 2014 masih belum turun hujan di sebagian besar stasiun pengamatan hujan di DAS Serang dan sekitarnya. Namun, penggunaan lahan yang dominan di lokasi penelitian adalah kebun campuran sehingga kondisi vegetasi tidak mengalami perubahan yang cepat sepanjang tahun.

Estimasi Tingkat tutupan vegetasi (C) sangat berkorelasi dengan faktor lain seperti sifat tanah, efek tanam dan tindakan konservasi. Tutupan vegetasi melindungi tanah dari pukulan hujan sebelum mencapai permukaan tanah, sehingga erosi tanah dapat diatasi lebih efektif dengan pengelolaan vegetasi yang baik (Lee, 2004). Pada penelitian ini, nilai C diperoleh dari hasil transformasi NDVI menggunakan persamaan 2.31 dari satu waktu perekaman citra. Beberapa penelitian membuktikan metode NDVI memiliki korelasi dengan faktor C dan lebih optimal digunakan pada area yang lebih luas dalam waktu yang singkat (Farhan et al., 2013; Alexakis et al, 2013). Hubungan NDVI dengan faktor C berbanding terbalik, semakin baik tutupan vegetasi (NDVI makin tinggi) maka nilai C makin rendah. Korelasi ini ditunjukan pada Gambar 5.12 berikut



Gambar 5.12. Korelasi Nilai C dan NDVI



Gambar 5.13. Peta Faktor Faktor C DAS Serang

Tabel 5.15. Nilai Statistik Data C

Data	min	Max	Mean	St. dev
C	0,01	1,43	0,25	0,18

Peta faktor C menunjukan nilai indeks C pada DAS Serang terendah 0,01 dan tertinggi 1,426 seperti yang disajikan pada peta nilai C (Gambar 5.11). Indeks nilai C tinggi terdapat di kecamatan wates, Temon dan Panjatan dimana penggunaan lahan yang ditemukan yaitu sawah sedangkan indeks C rendah terdapat di kecamatan Kokap, Pengasih, Girimulyo dan sebagian Nanggulan.

Estimasi faktor C tidak dilakukan uji akurasi di lapangan karena rumitnya pengukuran faktor C di lapangan, dibutuhkan pengamatan empiris, harus mempertimbangkan sifat perlindungan tanaman sejak dari pengolahan lahan hingga panen, bahkan penanaman berikutnya. Sebagai pertimbangan validitas nilai C yang dihasilkan dari NDVI dbandingkan dengan nilai C dari beberapa peneliti terdahulu (Tabel 5.16)

Tabel 5.16. Perbandingan Nilai Beberapa Faktor C Pada Penggunaan Lahan Berbeda

Penggunaan Lahan	C- NDVI (SPOT, 2014)	Nilai C	(Peneliti terdahulu)
Sawah Irigasi	0,05	0,01	(Abdurrahman et al. 1985; Hammer, 1981)
Tegalan : kacang tanah	0,11	0,2	(Hammer, 2010)
Sawah Tadah Hujan	0,180		-
Hutan Pinus	0,09		-
Tegalan dan Kebun Campur	0,38	0,2	(Hammer, 1981)
Kebun campuran kerapatan sedang	0,17	0,2	(Abdurrahman, 1985)
Kebun campuran kerapatan rendah	0,48	0,5	(Arsyad, 2010)
Kebun campuran kerapatan tinggi	0,04	0,1	(Arsyad ,2010)

Sumber : SPOT (2014), Arsyad (2010), Asdak (2007)

Nilai C yang diperoleh peneliti dari hasil turunan NDVI beberapa berbeda dengan nilai C hasil penelitian terdahulu. Beberapa hal yang mendasari perbedaan indeks C nilai yaitu bulan pengamatan, perbedaan iklim termasuk

curah hujan serta lokasi pengamatan yang berbeda kondisi dengan lokasi penelitian. Berdasarkan hal tersebut, nilai indeks C bukan merupakan nilai absolut yang tidak mengalami perubahan setiap periodik (musim/tahun), sehingga sangat memungkinkan adanya perbedaan pada setiap peneliti namun pada dasarnya secara konsep nilai C makin mendekati 0 untuk area dengan tanaman yang lebih rapat (hutan dan kebun campuran).

5.1.2.5.Faktor Manajemen dan Pengelolaan Lahan (P)

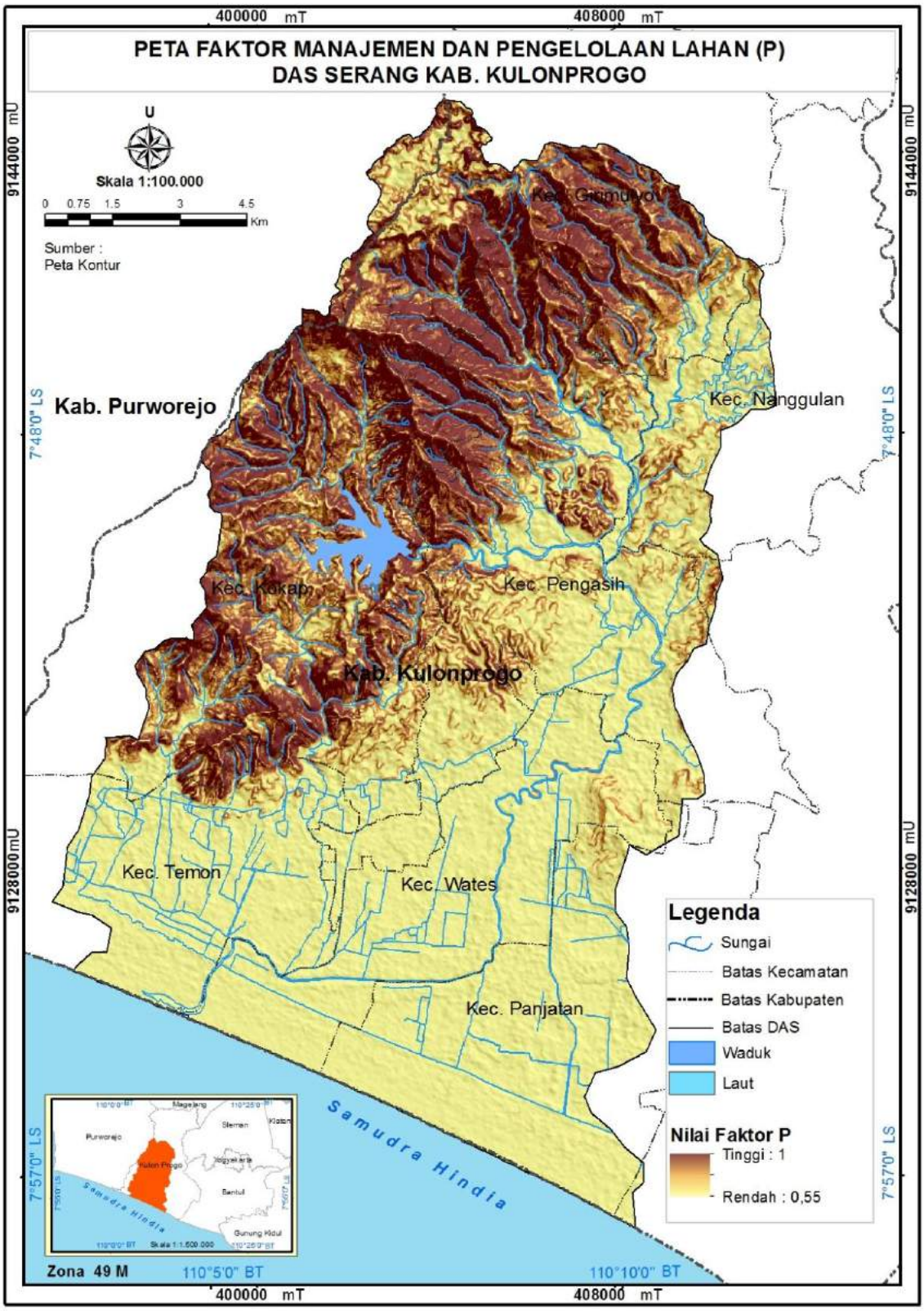
Tingkat erosi yang terjadi sebagai akibat pengaruh aktivitas pengelolaan dan konservasi tanah (P) bervariasi, terutama tergantung pada kemiringan lereng. Oleh karena itu dalam penelitian ini, nilai faktor P ditentukan berdasarkan hasil klasifikasi kemiringan lereng.

Tabel 5.17. Klas Faktor P

Slope (%)	P	Luas (%)
0 - 8	0,55	52,68
8 - 15	0,6	7,56
15 - 25	0,8	8,90
25 - 40	0,9	13,30
40 >	1	17,56
Jumlah		100

Sumber: Analisis Data, 2016

Semakin rendah nilai faktor P maka tindakan konservasi untuk mengendalikan erosi lebih baik. Nilai yang lebih tinggi pada penelitian ini (P=1) ditemukan pada penggunaan lahan kebun campuran dan lahan kosong. Nilai rendah (P=0,55) ditemukan penggunaan lahan dominan sawah irigasi maupun sawah tadah hujan pada kemiringan lereng datar. Hasil klasifikasi faktor P tidak dilakukan uji akurasi dengan pengecekan di lapangan karena mengandalkan ketelitian dari data input yang digunakan yaitu peta kemiringan lereng dengan ketelitian 80,56 %. Berdasarkan peta faktor P (Gambar 5.13), nilai P=0,55 terdapat di kecamatan Wates, Panjatan dan Temon sedangkan kecamatan lain sebaran nilai P lebih variatif.



Gambar 5.14. Peta Faktor P

5.1.3. Erosi Aktual di Lapangan

Pengukuran erosi aktual di lapangan dapat dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Penelitian ini menggunakan pengamatan indikator erosi kualitatif di lapangan sebagai representasi erosi aktual di lapangan. Metode kualitatif telah dilakukan oleh banyak peneliti lain dengan pendekatan berbeda (Morgan, 1995; Stocking dan Murnaghan, 2001; Vrieling, 2006).

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada Stocking dan Murnaghan (2001) yaitu melihat kenampakan indikator erosi berupa erosi alur, erosi parit, pedestal, singkapan akar, *armour layer* dan *tree mound* (Tabel 4.5). Pedestal dan singkapan akar menjadi indikator laju erosi tinggi karena terjadi pada tanah yang mudah terkikis (erodibilitas tinggi) oleh intensitas curah hujan tinggi (Stocking dan Murnaghan, 2000).

Justifikasi tingkat erosi secara kualitatif dilakukan oleh peneliti dengan melihat indikator erosi dan faktor topografi khususnya kemiringan lereng. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan beberapa indikator erosi ditemui pada lereng yang landai hingga sangat curam (Tabel 5.19). Hal ini didukung oleh Vrieling (2006) yang menegaskan bahwa lereng sangat curam memiliki kelas erosi yang tinggi. Semakin miring lereng, maka partikel yang terhambur ke lereng bawah makin banyak sehingga memicu terjadinya erosi percik dan erosi alur Assouline et al. (2006).

Namun, karena kualitatif yang dilakukan tanpa standar kelas untuk kategori tingkat erosi sehingga dibutuhkan acuan untuk justifikasi kategori maupun sebagai perbandingan. Oleh karena itu perhitungan erosi kuantitatif dilakukan dengan menggunakan persamaan model RUSLE (persamaan 2.1) menggunakan data-data faktor input pada sub bab 5.2. Beberapa perbandingan yang diperoleh dari hasil analisis kuantitatif dan kualitatif disajikan pada Tabel 5.19

Tabel 5.18. Perbandingan Justifikasi Kelas Erosi Kuantitatif dan Kualitatif

No Sampel	Kuantiatif	Kualitatif	Lokasi (Desa)
1	Solum tanah dalam (>100 cm), permeabilitas sedang (4,31), bahan organik tinggi (2,55), kelas tekstur tanah sedang (lempung berdebu) , erodibilitas agak tinggi (0,27), erosivitas rendah, manajemen vegetasi (C=0,32), besar erosi (A= 14,74 ton/ha/thn) Kelas TBE **= sangat ringan**	Tidak ada indikator erosi di lapangan Penggunaan lahan : sawah Topografi : datar Kelas erosi **: sangat ringan**	407765 mT, 9132982 mU (Sendangsari)
16	Solum tanah dalam (>100 cm), permeabilitas agak lambat (0,79), bahan organik berlebihan (6,14), kelas tekstur tanah sedang (lempung berdebu), erodibilitas sedang (0,25), erosivitas tinggi, manajemen vegetasi (C=0,14), besar erosi (A= 4,64 ton/ha/thn) Kelas TBE = **sangat ringan**	Tidak ada indikator erosi di lapangan Penggunaan lahan : kebun campuran Topografi : datar Kelas erosi **: sangat ringan**	397815 mT, 9126407 mU (Glagah)
2	Solum tanah sedang (l1=55cm, l2=±100cm), permeabilitas agak cepat (6,73), bahan tinggi (3,36), kelas tekstur tanah agak halus (lempung berliat), erodibilitas sangat tinggi (0,38), manajemen vegetasi (C= 0,174), besar erosi (14,83 ton/ha/thn) Kelas TBE = **ringan**	Penggunaan lahan : kebun jati Indikator erosi : terdapat singkapan akar Topografi : datar Kelas erosi : **ringan**	409982 mT, 9136600 mU, Donomulyo
	Solum tanah sedang (± 70 cm), permeabilitas sedang (4,49), bahan organik tinggi (2,71), kelas tekstur tanah agak halus (lempung berliat), erodibilitas sangat tinggi (0,37), manajemen vegetasi (C= 0,06), besar erosi (A = 46, 30 ton/ha/thn) Kelas TBE = **ringan**	Penggunaan lahan : Hutan pinus Indikator erosi : terdapat singkapan akar dan *armour layer* Topografi : Landai Kelas erosi : **sedang**	403710 mT, 9143346 mU,
18	Solum tanah sedang (± 70 cm), permeabilitas sedang (2,33), bahan organik sangat rendah (1,31), kelas tekstur tanah halus (liat), erodibilitas sangat tinggi (0,37), manajemen vegetasi (C= 0,06), besar erosi (A = 140,097) Kelas TBE = **berat**	Penggunaan lahan : kebun jati Indikator erosi : terdapat *armour layer* Topografi : landai Kelas erosi : **sedang**	407702 mT, 9129856 mU, Giripeni
39	Solum tanah dalam (± 100 cm), permeabilitas agak cepat (8,53), bahan organik tinggi (2,50), kelas tekstur tanah agak halus (liat berpasir), erodibilitas tinggi (0,33), manajemen vegetasi (C= 0,05), besar erosi (A = 237,26 ton/ha/thn) Kelas TBE = **berat**	Penggunaan lahan : kebun campuran Indikator erosi : terdapat singakapan akar dan pedestal Topografi : sangat curam Kelas erosi : **sangat berat**	406285 mT, 9141766 mU, Hargotirto

27	Solum tanah dangkal (± 30 cm), permeabilitas agak lambat (1,78), bahan organik tinggi (3,10), kelas tekstur tanah halus (liat), erodibilitas sedang (0,21), manajemen vegetasi (C= 0,242), besar erosi (A = 441 ton/ha/thn) Kelas TBE = **sangat berat**	Penggunaan lahan : kebun campuran Indikator erosi : terdapat singkapan akar dan alur Topografi : sangat curam Kelas erosi : **sangat berat**	404821 mT, 9136531 mU, Sendangsari

Tabel 5.19 menunjukan terdapat beberapa sampel yang dijustifikasi sama secara kuantitatif dan kualitatif, namun sebagian besar dari hasil analisis pada keseluruhan sampel memiliki justifikasi yang sama seperti ditunjukan Gambar 5.15 dan 5.16 berikut

Gambar 5.15. Kenampakan Pedestal dan Singkapan Akar
Lokasi (400202 mT, 9138238 mU)
Tingkat Erosi Kualitatif Sangat Berat

Gambar 5.16. Kenampakan Pedestal dan Armour layer
Tingkat Erosi Sedang (405113 mT, 9131329 mU)

Gambar 5.15 di bawah ini menunjukan erosi kualitatif sangat berat karena berada pada lereng sangat curam sedangkan pada Gambar 5.16 dijustifikasi sedang secara kuantitatif dan kualitatif karena berada pada lereng landai. Contoh lain ditunjukan oleh Gambar 5.17 dengan indikator yaitu singkapan akar. Sampel ini terletak pada lereng landai, penggunaan lahan kebun campuran.

Gambar 5.17. Singkapan Akar
Lokasi (410800 mT, 9140780 mU)
Tingkat Erosi Kualitatif Berat (Foto Oktober, 2015)

Singkapan akar pada Gambar 5.17 sebagai indikator erodibilitas yang tinggi sesuai dengan analisis kuantitatif diperoleh nilai K pada sampel ini 0,27 (agak tinggi). Pengamatan indikator erosi kualitatif dilakukan sebagai pengganti pengukuran erosi aktual di lapangan.

5.2. LUARAN YANG DICAPAI

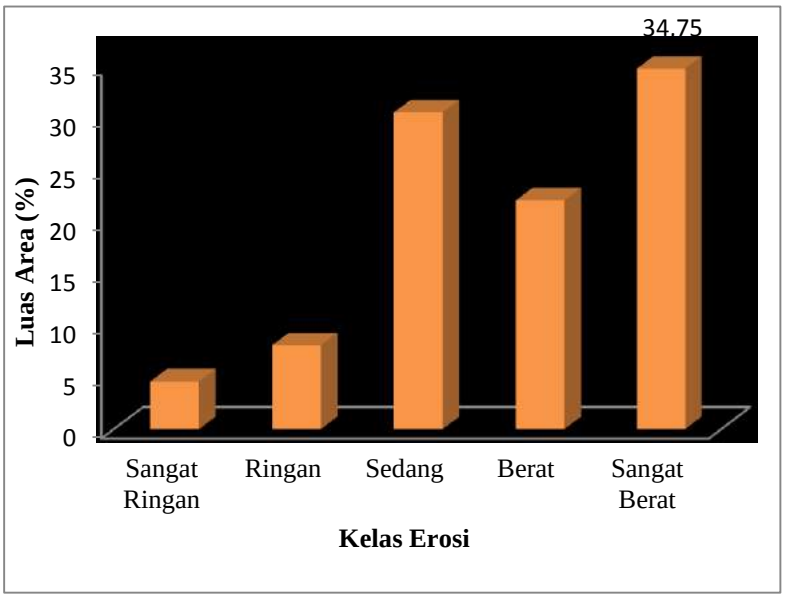
5.2.1. Peta Prediksi Erosi di DAS Serang

Hasil pengujian pada 53 sampel diperoleh hasil akurasi keseluruhan 90,57 % (Tabel 5.19) berdasarkan peta distribusi prediksi erosi (Gambar 5.19) menunjukan distribusi tingkat erosi di wilayah kajian didominasi oleh kelas erosi sangat berat (34,75 %) tersebar sebagian besar di kecamatan Kokap, Girimulyo dan sebagian Pengasih , erosi berat (19,50 %) tersebar di kecamatan Panjatan, Pengasih dan Nanggulan, erosi sedang (33,76 %) tersebar di kecamatan Pengasih, sebagian Wates dan Panjatan, erosi ringan (8,07 %) dan sangat ringan (4,60 %) tersebar di kecamatan Temon dan Wates. Persentase distribusi masing-masing kelas erosi tersebut ditunjukan dalam diagram Gambar 5.18

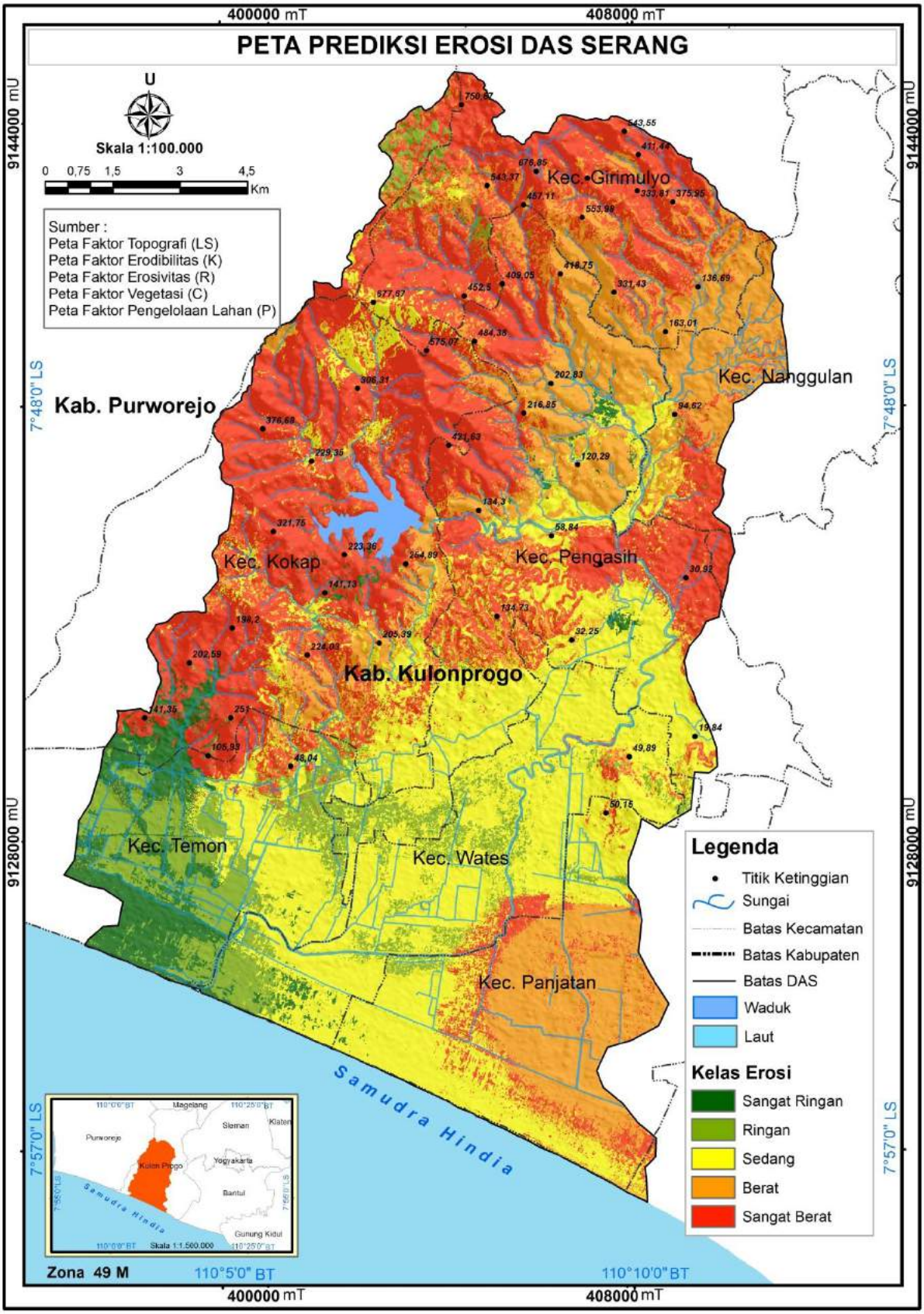
Tabel 5.19. Matriks Kesalahan Pengujian Seluruh Sampel

Klas Erosi		*Ground truth*					Total	8VHUW *accuracy* (%)
		SR	**R**	**S**	**B**	**SB**		
Hasil Prediksi	**SR**	**3**					3	100,00
	R		**4**				4	100,00
	S	1		**7**	1		9	77,8
	B		1		**7**	1	9	77,78
	SB				1	**27**	28	96,43
Total sampel		4	5	7	9	28	**53**	
3URGXVHUW DQ (%)		75	80	100	77,77	96,42		
***Overall accuracy* (%)**		90,57						
Kappa		0,86						

Sumber : Pengolahan Data, 2017
Keterangan : SR = sangat ringan; R = ringan; S = sedang; B = berat; SB = sangat berat



Gambar 5.18. Histogram Distribusi Tingkat Erosi di DAS Serang



Gambar 5.19. Peta Hasil Prediksi

5.2.2. Luaran Wajib dan Tambahan

Luaran wajib dan tambahan yang dicapai dalam penelitian ini yaitu :

(1). Naskah Disertasi

(2). Publikasi

a. Jurnal *Geoplanning* (*Journal of Geomatics and Planning*)

Judul : " *Remote Sensing and GIS Approach to A Qualitative Assessment of Soil Erosion Risk In Serang Watershed, Kulonprogo, Indonesia*"

Accepted : 21 Agustus 2017

Geoplanning Journal <geoplanning.journal@gmail.com> 21 Agt

ke saya

Manuscript No. 13443
Title: REMOTE SENSING AND GIS APPROACHES TO A QUALITATIVE ASSESSMENT OF SOIL EROSION RISK IN SERANG WATERSHED, KULONPROGO, INDONESIA

Dear Dr (cand) Nursida Arif

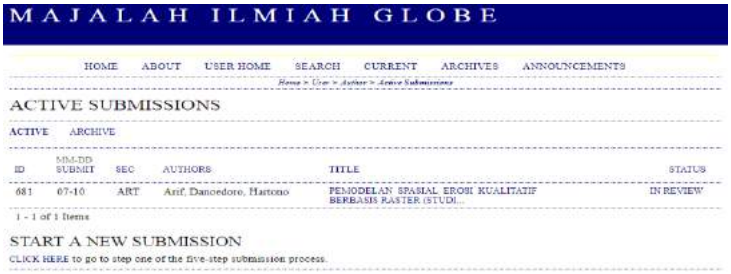
I am pleased to inform you that your paper has been **accepted** for publication. Now it will proceed to copy-editing and production.

Thank you for submitting your work to Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning. we hope you consider us again for future submission.

Kind Regards,

Imam Buchori
Profesor of Geomatics and Urban Planning
Geomatics and Planning Laboratory | Diponegoro University
Scopus ID: 54986165700

b. Jurnal Majalah Ilmiah Globe



MAJALAH ILMIAH GLOBE

HOME ABOUT USER HOME SEARCH CURRENT ARCHIVES ANNOUNCEMENTS

ACTIVE SUBMISSIONS

ACTIVE ARCHIVE

ID	MM-DD SUBMIT	SEC	AUTHORS	TITLE	STATUS
681	07-10	ART	Arif, Dancedoro, Hartono	PEMODELAN SPASIAL EROSI KUALITATIF BERBASIS RASTER (STUDI...	IN REVIEW

1 - 1 of 1 Items

START A NEW SUBMISSION

CLICK HERE to go to step one of the five-step submission process.

c. Pemakalah pada seminar internasional (*The 5 th Geoinformation Science Symposium* 2017 di Yogyakarta, 27 – 28 September 2017)

Judul : "*Analysis Artificial Neural Network in Erosion Modeling*"

(3). Luaran tambahan

Hak cipta terdaftar : karya tulis (*terlampir*)

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

1. Integrasi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis digunakan dalam menyusun peta-peta faktor erosi. Proses integrasi yang terjadi yaitu :
   a. Penginderaan jauh digunakan untuk memperoleh data vegetasi serta informasi pola spektral yang berbeda pada masing-masing kelas erosi
   b. Sistem informasi geografis digunakan untuk spasialisasi dan analisis data-data parameter penyusun model. Faktor pengontrol erosi yang dapat merepresentasi kondisi *real* di lapangan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu topografi dengan menggunakan persamaan panjang dan kemiringan lereng (LS), erosivitas (R) menggunakan intensitas curah hujan, erodibilitas (K) diperoleh dari data tanah hasil data lapangan, vegetasi (C) yang diperoleh dari transformasi NDVI dan manajemen pengelolaan lahan (P) yang diekstraksi dari data kontur.
2. Hasil model prediksi menunjukan distribusi tingkat erosi yang dominan di daerah kajian yaitu erosi sangat berat (34,75 %) tersebar di sebagian besar kecamatan Kokap, Girimulyo dan sebagian Pengasih.

6.2. Saran

1. Kajian prediksi kerentanan erosi menggunakan data penginderan jauh perlu dilakukan secara temporal dengan membandingkan citra musim kemarau dan penghujan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai integrasi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dengan teknik yang berbeda seperti kecerdasan buatan.

DAFTAR PUSTAKA

Alexakis, D.D., Hadjimitsis,D.G., Agapiou., 2013, *Integrated Use of Remote Sensing,GIS and Precipitation Data for The Assesment of Soil Erosion Rate In the Catchment Areaof "Yialias" in Cyprus*.Atmospheric Research 131 (2013) 108 – 124.

Ambar, S., 1986, *Aspek Vegetasi dan Tataguna Lahan dalam Proses Erosi di Daerah Tampung Waduk Jatiluhur, Jawa Barat.*Disertasi Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UNPAD, Bandung.

Arsyad, S., 1989, *Konservasi Tanah dan Air*. Penerbit IPB Press, Dargama, Bogor

Asdak, C., 2010, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press

Asis, A., Omasa, K., 2007, *Estimation of Vegetation Parameter for Modeling Soil Erosion Using Linear Spectral Mixture Analysis of Landsat ETM Data.* ISPRS Journal of Photogrametry & Remote Sensing 62 (2007) 309 – 324.

Assouline, S., Ben-Hur, M., 2006, *Effect of Rainfall Intensity and Slope Gradient on The Dynamics of Interill Erosion During Soil Surface Sealing*". Catena 66 : 211 – 220.

Banuwa, I. S., 2013, *Erosi,* Kencana Prenada Media Group,Jakarta

Bersgma, E., 2008, *Erosion By Rain:Its Subprocesses and Diagnostic Microtopographic Features,* International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation

Bouaziz, M., Leidig, M., Gloaguen, R., 2011, *Optimal Parameter Selection for Qualitative Regional Erosion Risk Monitoring:A Remote Sensing Study of SE Ethiopia.*Geoscience Frontiers 2(2):237-245

Chen, T., Niu, R., Li, P., Zhang, L., Du, B., 2010, *Regional Soil Erosion Risk Mapping Using RUSLE,GIS and Remote Sensing: A Case Study in Miyun Watershed, North China*. J. Environ Earth Sci. DOI: 10.1007/s12665-010-0715-z

Danoedoro, P., 2012, *Pengantar Penginderaan Jauh Digital.* Andi.Yogyakarta

Desmet, P.J.J., Govers., Goosens, D .1995. *GIS-Based Simulation of Erosion and Deposition patterns*. In: J. Poesen and Govers (eds.). Experimental Geomorphology and Landscape Ecosystem Changes

Dibyosaputro, S., 2012, *Pola Persebran Keruangan Erosi Permukaan Sebagai Respon Lahan terhadap Hujan Di Daerah Aliran Sungai Secang, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta*

Farhan, Y.,Zregat, D., Farhan, I., 2013, *Spatial Estimation of Soil Erosion Risk using RUSLE Approach, RS, and GIS Techniques: A Case Study of Kufranja Watershed, Northern Jordan,* Journal of Water Resource and Protection (5): 1247 – 1261

Gonzalez, A.M.R., 2008, *Soil Erosion Calculation Using Remote Sensing and GIS in Rio Grande de Arecibo Watershed, Puerto Rico,* ASPRS Annual Conference

Horton, R.E.,1945, *Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins: Hydrological Approach to Quantitative Morphology.* Geol.Soc.Bull. 56:275- 243

Kim, H. S., 2006. *Soil Erosion Modelling Using RUSLE and GIS on The IMHA Watershed, South Korea,* Thesis, Colorado State University

Lee, S. (2004). ―*Soil erosion assessment and its verification using the universal soil loss equation and geographic information system: A case study at Boun, Korea.*‖ Environmental Geology, 45, 457–465

Liao, Z., Wang, B., Xia, X., Hannam, P.M., 2012, *Enviromental Emergency Decission Support System Based on Artificial Neural Network*. Safety Science 50(2012) 150 – 163

Lillesand, T.M., dan Kiefer, R.W., Chpman, J.W., 2007, *Remote Sensing and Image Interpretation, Sixth Edition*. John Wiley and Sons, New York

Linden, V.P., 1980, *Introduction to Principles of Erosion and the Application of Some Soil Conservation Measures (Unplished Lecture Notes)*. Yogyakarta. Fakultas Geografi UGM

Morgan, R.P.C., 1995, *Soil Erosion and Conservation*, 2nd Edition. Longman Group, Ltd., London, 198 p.

Morgan, R. P. C., Quinton, J. N., Smith, R. E., Govers, G., Poesen, J. W. A., Auerswald, K., Chisci, G., Torri, D. And Styczen, E., 1998. *The European Soil Erosion Model* (*EUROSEM*) *: A Dynamic Approach For Predicting Sediment Transport From Fields and Small Catchments.* Earth Surf. Process and Landforms 23. 527 – 544

Pradhan, B., Lee, S., 2007, *Utilization of Optical Remote Sensing Data and GIS Tools for Regional Landslide Hazard Analysis Using an Artificial Neural Network Model*.Earth Science Frontiers, 14(6):143 – 152.

Pradhan, B., Lee, S., Buchroitner, M.F., 2010, *A GIS-Based Backpropagation Neural Network Model And Its Cross-Application and Validation for Landslide for*

Susceptibility Analyses.Computers,Environment and Urban Systems 34(2010) 216 – 235.

Prasasti, I., Carolita, I., Ramdani, A.E., Risdiyanto, I., 2012, *Kajian Pemanfaatan Data ALOS PALSAR dalam Pemetaan Kelembaban Tanah.*Vol.9(2):102 – 113.

Rahim, S.E., 2006, *Pengendalian Erosi Tanah dalam Rangka Pelestarian Lingkungan Hidup*.Penerbit Bumi Aksara, Jakarta

Santoso, H.B., 2012, *Arahan Penggunaan Lahan Optimal Berdasarkan Aspek Biofisik dan Kebutuhan Minimal Lahan Pertanian untuk Pengendalian Erosi di Das Serang.* Tesis, Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta

Sonneveld, B.G.J.S., Keyzar, M.A., Stroosnijder, L., 2011, *Evaluating Quantitatif dan Qualitative*:*An Application for Nation wide Water Erosion Assesment in Ethiopia*. Enviromental Modelling &Software (26):1161-1170

Stocking, M., Murnaghan, N., 2000, *Land Degradation-Guidelines For Field Assessment.* Overseas Development Group, University of East Anglia, Norwich UK

Utomo, W.H., 1994, *Erosi dan Konservasi Tanah*. IKIP Malang

Vrieling, A., Sterk G., Vigiak O., 2006. *Spatial Evaluation of Soil Erosion Risk In The West Usambara Muntains, Tanzania*. Land Degradation 17: 301 – 319

Widarsih, S., 2012, *Pendugaan Erosi, Kemampuan dan Kekritisan Lahanuntuk rehabilitasi Sub DAS Tinalah, DAS Progo.*Tesis. Fakultas Kehutanan UGM,Yogyakarta

Wischmeier, W.H. and Smith,D.D., 1978, *Predicting Rainfall Erosion Losses: Aguide to Conservation Planning*. USDA, Agriculture Handbook 537. U.S. Government Printing Office,Washington,DC.

Ypsilantis, W.G, 2011, Upland soil erosion monitoring and assessment: An overview. Tech Note 438. Bureau of Land Management, National Operations Center, Denver, CO

Xu, L., Xu, X., Meng, X, 2012, *Risk Assesment of Soil Erosion in Different Rainfall Scenarios By RUSLE Model Coupled With Information Diffusion Model: A Case Study of Bohai Rim, China*. Catena (100) 74-82

L A M P I R A N

OPEN ACCESS

Vol, No, year, pp-pp

Geoplanning
Journal of Geomatics and Planning
E-ISSN: 2355-6544
http://ejournal.undip.ac.id/index.php/geoplanning
doi: 10.14710/geoplanning.2.2.pp-pp

REMOTE SENSING AND GIS APPROACHES TO A QUALITATIVE ASSESSMENT OF SOIL EROSION RISK IN SERANG WATERSHED, KULONPROGO, INDONESIA

Nursida Arif [a,b], Projo Danoedoro[b], Hartono[b]

[b] *Faculty of Science and Technology, Universitas Muhammadiyah Gorontalo, Gorontalo, Indonesia*
[b] *Faculty of Geography, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia*

Article Info:
Received: ……
in revised form: ……..
Accepted: ……
Available Online: …….

Keywords:
Remote sensing, Serang watershed, soil erosion

Corresponding Author:
Nursida Arif
Faculty of Science and Technology, Universitas Muhammadiyah Gorontalo, Indonesia
Email: nursida.arif@gmail.com

Abstract: *This research aims to determine the risk of soil erosion qualitatively by integrating remote sensing with the geographic information system. Factors that contributed to the occurrence of erosion in the area of study were analyzed using the method of the variation of combined input data of the factors controlling erosion (soil, climate, topography, vegetation, and humans). The input data were quantitative data changed into qualitative data that were obtained from field data and extracted from remote sensing imagery, i.e. SPOT 5. A number of parameters were calculated using the RUSLE model equation. The model was validated by observing the qualitative erosion indicators in the field (pedestal, tree root exposure, armor layers, rill erosion, and gully erosion) by observing slope stepness in each sample area. The area of study was Serang watershed located in Kulon Progo Regency, Yogyakarta. It is one of the critically potential watersheds viewed from the landform and landuse. The results of various combinations generated the highest of accuracy by 90.57 % with extremely erosion dominating the area of study. The factors with the highest contribution to erosion in Serang Watershed were slope length and steepness (LS) and erodibility (K).*

Copyright © 2016 GJGP-UNDIP
This open access article is distributed under a
Creative Commons Attribution (CC-BY-NC-SA) 4.0 International license.

How to cite (APA 6th Style):
Arif, N., et al. (2016). Remote Sensing and GIS Approaches to A Qualitative Assessment of Soil Erosion Risk in Serang Watershed, Kulon Progo, Indonesia. *Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning, vol*(no), pp-pp. doi:10.14710/geoplanning.vol.no.pp-pp

1. INTRODUCTION

Soil erosion is one of the indicators of land quality due to the destructive effect it has on land and the effect of reduced productivity of land (Morgan, 1995; Parveen et al., 2012). Erosion affects the sustainability of agricultural production on a global scale (Bouaziz et al., 2011). An assessment of erosion in an area is vital in order to evaluate land management and provide a basis for land users and decision makers with regard to land conservation efforts and environmental monitoring. Numerous research had been conducted, especially in the field of applied environment, including the research in erosion and landslides by integrating remote sensing with the geographic information system which managed to generate more accurate and effective predictions (Asis et al., 2007; Pradhnan and Lee, 2007; Pradhan et al., 2010; Liao et al., 2012). Remote sensing and GIS can be used to generate information about the variables associated with the erosion calculation formula. There are many factors that contribute to erosion, namely rainfall, vegetation, topography, soil, and land use, all of which were used as the basis for assessing the erosion risk. This research relied on remote sensing data to obtain landscape information such as vegetation and land use while GIS was used to process, simulate scenarios, and visualize modeling results. SPOT 5 imagery is used in this study because it offer a higher resolution of 2.5 to 5 meters in panchromatic mode and 10 meters in multispectral mode which can provide solutions in the study of natural resources. This is due to its could cover vast areas such as area of study, as well as having channels that can decrease vegetation information through index C as one of the model inputs.

Most research on soil erosion in the area of study was conducted using quantitative approaches to determine the amount of soil eroded in tonnes per hectare (Dibyosaputro, 2012; Widarsih, 2012; Santoso, 2012) and it is not common to assess erosion qualitatively. Basically, the qualitative approach employed in

this research was a combination of the quantitative approach, in which factors controlling erosion were calculated using the RUSLE model equation and divided into several classes qualitatively. The output of the model was in the form of a qualitative map of the erosion risk without information about the amount of soil loss. A model is considered quantitative when the values are combined mathematically to provide an index at a certain scale (Rosa and Diepen, 2002). The numerical value of a variable may change at a certain period, unlike a qualitative assessment which tends to be more constant and unchanged (Bredeweg et al., 2009).

In this research, validation in the field was conducted qualitatively by developing the formula for the assessment of the qualitative indicators of erosion. A high rate of erosion can be seen from the erosion indicators such as pedestal, armor layers, tree root exposure, rill erosion, and gully erosion (Stocking and Murnaghan, 2000). To develop a quantitative model that can represent the real condition in the field accurately, it is necessary to conduct validation through detailed measurements for a long period of time so as to require higher costs. In fact, the use of the erosion plot is rarely calibrated with the local condition and many use less realistic assumptions resulting in less reliable measurement results (Bergsma, 2008). This short coming makes qualitative methods reliable as a quick solution to predict erosion (Desmet et al., 1995; Bouaziz et al., 2011). Ypsilantis (2011) states that qualitative models area method which is effective and more affordable and they can be implemented in a larger area within a relatively short period of time, unlike quantitative methods that require intensive and more detailed monitoring of particular land conditions. This is in accordance with the conditions in Indonesia where the technical facilities and history of actual erosion measurement are minimal included in the study area. So that method is needed which can be the solution of the limitation with low cost and efficient but more accurate that is through qualitative based modeling by utilizing remote sensing image and geographic information system. It is expected that the method of fast assessment will be able to quickly locate which erosion-prone areas whose conservation should get priority.

2. DATA AND METHODS

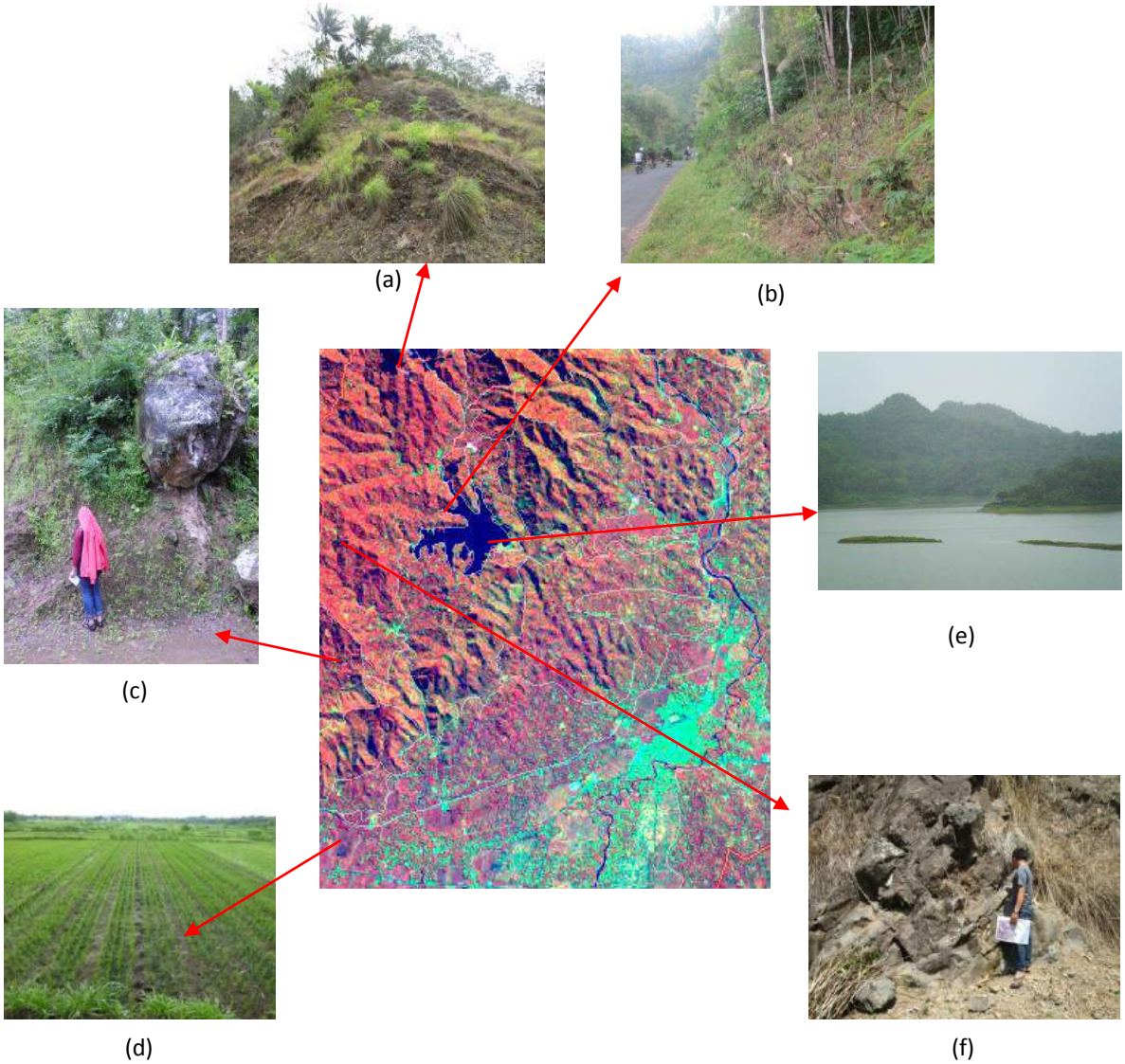
2.1. Study Area

Data The research was undertaken in Serang Watershed which is situated between Progo Watershed and Bogowonto Watershed in Kulon Progo Regency, the Province of Yogyakarta Special Region. Geographically, it is located at 7°43’40” S - 7°55’30” S and 110°03’49” E - 110°13’50” E. Administratively, it is located in Kulon Progo Regency, which includes several subdistricts, namely Wates, Sentolo, Temon Pengasih, Kokap, Girimulyo, and some area of Panjatan and Nanggulan subdistricts.

Based on the monthly rainfall data used in this research, namely the rainfall in 2004 to 2014 in 11 rainfall stations around Serang Watershed, the wet season was took from November to April while the dry season occurred from May to October. Most stations in Serang Watershed fell into Category D, i.e. in a temperate climate. Most land in the area of study is utilized as mixed farms. Viewed from the landform, the area of study is an erosion-prone area as it is comprised of denudation-generated hills, hills which were formerly a volcano, and structural hills (**Figure 1**).

doi: 10.14710/geoplanning.2.2.69-81

Figure 1. Appearance of Landforms (Source : SPOT, 2014; Analysis, 2016)
a) Structural rocky hills of andesite breccia (401494 mT, 9140214 mU),
(b) (c) Structural rocky hills of andesite (399202mT, 913234 mU),
(d) Alluvial plain (401908 mT, 9,129279 mU), (e) Sermo reservoir,
(f) Hills of the remains of a volcano (400833 mT, 9139855 mU)



2.2. Methodology

The variables employed to construct the model were the extraction of factors affecting erosion, namely climate, soil, vegetation, and humans. Field observation of the qualitative indicators of erosion was undertaken instead of quantitative calculations of the actual erosion for validation of the model.This research employed the same approach of qualitative methods as the one used in the research conducted by Bouaziz et al. (2011), namely trials on several combinations of factors controlling erosion to determine the most influential factor in the area of study. The input data set used in this modeling were factors influencing erosion, i.e. erosivity (R), erodibility (K), slope length and steepness (LS), vegetation coverage and management (C), land management (P).

(1). Rainfall erosivity factor (R)

Erosivity index was calculated using 10 years of daily rainfall data from 13 rain stations around the research location, Utomo in [20] was calculated erosivity index using the equation by Bols:

$$R = 6{,}12(RAIN)^{1{,}21} DAYS^{-0{,}47} MAXP^{0{,}53} \quad \text{Eq.(1)}$$

Where,RAIN = average annual rainfall (cm), DAYS = total day of average rain per year (day), MAXP= maximum average rainfall in 24 hours per month within one year (cm), R_m = monthly erosivity index, R_y = annual erosivity index

(2). Soil erodibility factor (K)

K value was determined by the equation used in RUSLE model developed by Renard,*et.*al. (1991) as follows:

$$K = 7.594\left\{0.0017 + 0.049 \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\log(Dg)+1.675}{0.6986}\right)^2\right]\right\} \quad \text{Eq. (2)}$$

Where, K = soil erodibility, Dg=Diameter of soil geometric particle (mm)

(3). Slope length and steepness factor (LS)

Length of slope was calculated using the equation developed by Wischmeier and Smith (1978), while steepness (S) was calculated using the LS equation for USLE model developed by McCool, et.al (1989)

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13}\right)^{\beta} \quad \text{Eq. (3)}$$

$$\beta = \frac{\left(\frac{sin\theta}{0.0896}\right)/[3*(sin\theta)^{0.8}+0.56]}{1+\left(\frac{sin\theta}{0.0896}\right)/[3*(sin\theta)^{0.8}+0.56]} \quad \text{Eq. (4)}$$

$$S = \begin{cases} 10.8\, sin\theta + 0.03\,\theta & \theta < 5° \\ 16.8\, sin\theta - 0.5 & 5° \le \theta < 10° \\ 21.9 sin\theta - 0.96 & \theta \ge 10° \end{cases} \quad \text{Eq. (5)}$$

Where, L = Slope length; S = Slope steepness; ɵ = Slope value of DEM; λ = Slope horizontal length; β = slope index, cell size = size of grid cell

(4). Vegetation coverage and management factor (C), Xu, et.al. (2012) explained that C is defined as the ratio of soil loss from land cropped under spesific conditions to the corresponding loss from clean-tilled, continous fallow.C value was calculated using Gutman and Ignatov's equation in (1998) :

$$C = 1 - \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad \text{Eq. (6)}$$

(5). Support practices factor (P)

The support practice factor (P-factor) is the soil-loss ratio with a specific support practice to corresponding soil loss with up and down slope tillage.The erosion level due to land management and conservation activities (P) varied, especially depending on slope steepness. Classification of p values based on classification of slope developed by Shin (1999), show in **Table 1**

Table 1.Classification of P-values (Modified from Shin (1999))

Slope (%)	P-values
0 - 8	0,55
8 - 15	0,6
15 - 25	0,8
25 - 40	0,9
40 >	1

Calculation of erosion factors was performed on ArcGIS 10 platform and converted into raster format. The result of quantitative calculation was validated using qualitative approach by observing erosion indicators in the field. The erosion factors as the input data of the model were put in four combinations to examine the influential factors (**Table 2**).

Additional data of the input layer were added to Combination 1 (C_1), namely the map of solum depth and the map of organic matter. Both factors were considered affecting the ability of eroded soil. Organic matter do not only greatly affect the health of the soil but also soil properties, both the chemical properties and the physical properties, including the soil structure (Bot and Benites, 2005). While the depth of the soil affects the soil-water-plant ecosystem so as to affect the quality and yield of plants (Jabro et al., 2010). Combination 2 (C_2) was a combination of five erosion factors used in the RUSLE model equations,

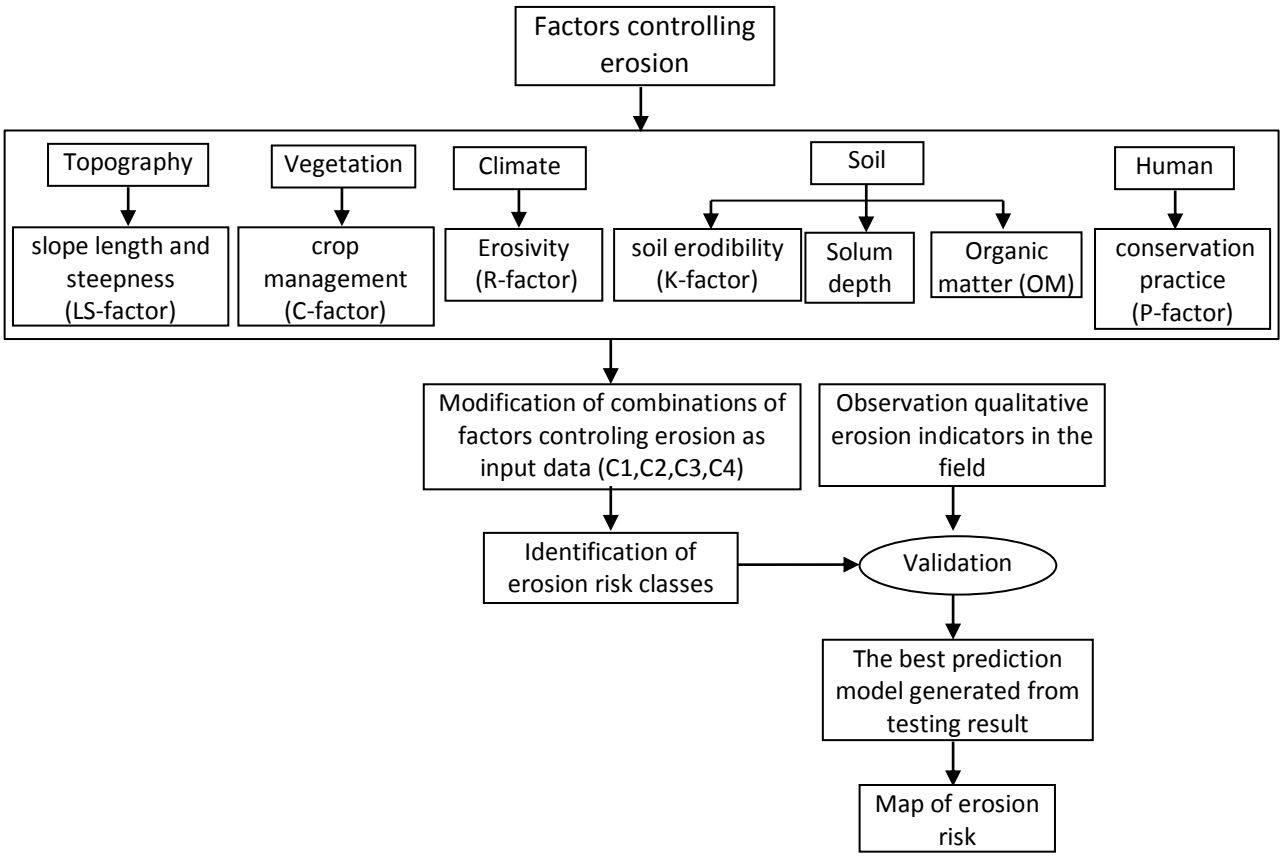
doi: 10.14710/geoplanning.2.2.69-81

Combination 3 (C_3) was comprised of only four factors without the factor of land management (P). As for Combination 4 (C_4), it only used three erosion factors, namely slope length and steepness factor (LS), erodibility (K), and the vegetation factor (C). Overall, the conceptual framework is illustrated in the form of a diagram shown in **Figure 2**.

Table 2. Input parameters of three different combinations for the erosion risk assessment (Analysis, 2016)

Factors Controlling Erosion	Combinations			
	C_1	C_2	C_3	C_4
Topographic factor(LS)	✓	✓	✓	✓
Soil properties				
➢ **erodibility (K)**	✓	✓	✓	✓
➢ **Solum depth**	✓			
➢ **Organic matter (OM)**	✓			
Rainfall erosivity (R)	✓	✓	✓	
Cover management factor (C)	✓	✓	✓	✓
Practice factor (P)		✓		

Figure 2. The Conceptual Framework of the Research



3. RESULT AND DISCUSSION

3.1. Evaluation of Influential Erosion Factors

R-factor value was made using *spline* interpolation method because the sample points were not spread evenly and this method has sufficient accuracy despite using a small amount of data. The spatial distribution of R-factor in Serang watershed with the highest erosivity index value of 2078.52 and the lowest 1156.58 (**Figure 3**).The equation used to calculate K-factor relied on soil texture data from the laboratory test results of soil samples. Soil texture is the most influential soil attribute to erodibility. Low erosion happened in soil with dominant element sand (coarse texture) and soil with dominant fraction

loamy, while soil with main elements dust and fine sand was easily eroded. The erodibility index in Serang watershed was range 0.46 to 0.09 (**Figure 4**).

Figure 3. Spatial distribution of rainfall erosivity factor (R)

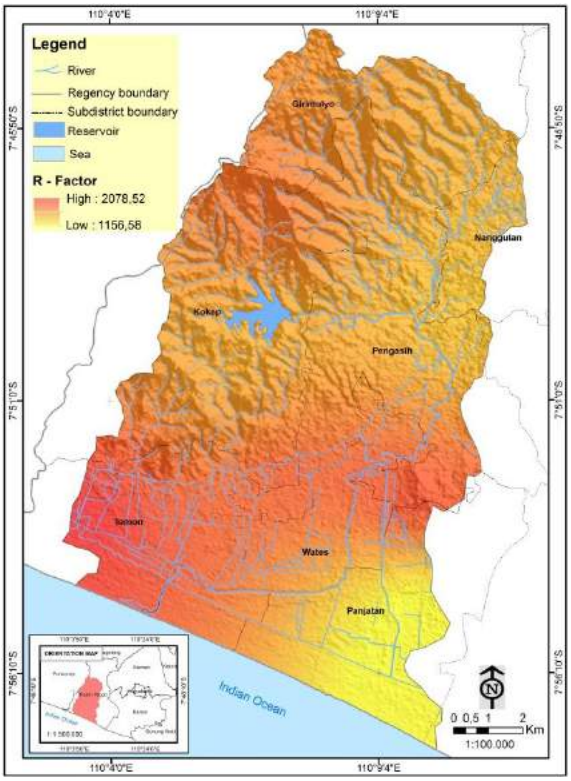
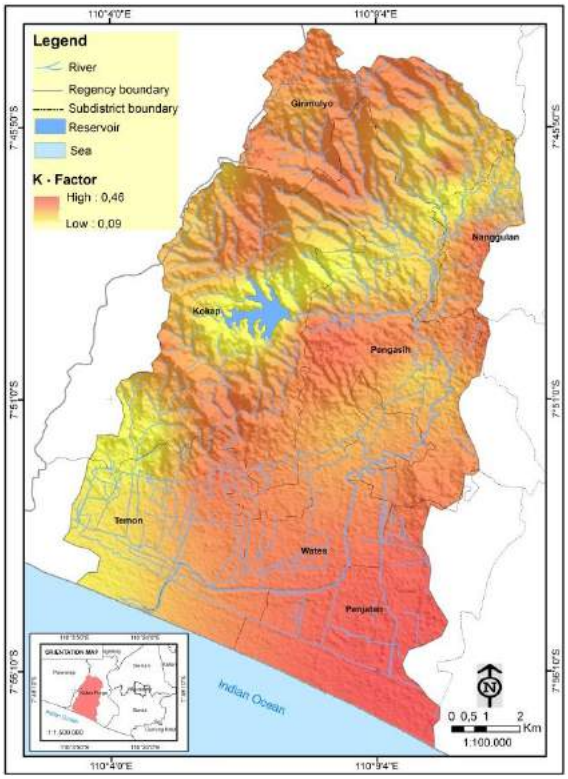


Figure 4. Spatial distribution of erodibility factor (K)



The spatial distribution of LS-factor with the lowest value range of 0.03 and the highest 427.50 (**Figure 5**). The Low slope steepness will have small contribution to LS value. If LS value is small, the erosion potential is also small. The spatial distribution of C-factor show values between 0.01 and 1.43 (**Figure 6**). C value approaches 0 for areas with denser vegetation (forest and mix plantation). Factor C value gives contribution to interpretation and land use. Remote sensing through SPOT 5 satellite could give solution to the extraction of factor C value without performing measurement in the field. However, there was difference of factor C value with previous researchers in the same area (Arsyad, 2010). Month of recording the images in use and climate difference, including rainfall, influence C index value.The spatial distribution of P-factor with minimum index 0.55 in the flat slope and maximum index 1 in the steep slope (**Figure 7**).

Soil organic matter and soil depth are additional data in C_1. Soil organic matter in research area is obtained from laboratory test result on several samples while the depth of soil of measurement result in field. The sample value of soil organic matter and soil depth are then interpolated using kriging method because the result can represent the maximum and minimum value of sample data. The spatial distribution of soil organic matter in Serang watershed show values between 0.06 and 6.55 (**Figure 8**). The spatial distribution of soil depth with the lowest value range 19 and the highest 135 (**Figure 9**).

doi: 10.14710/geoplanning.2.2.69-81

Figure 5. Spatial distribution of slope length and steepness factor (LS)

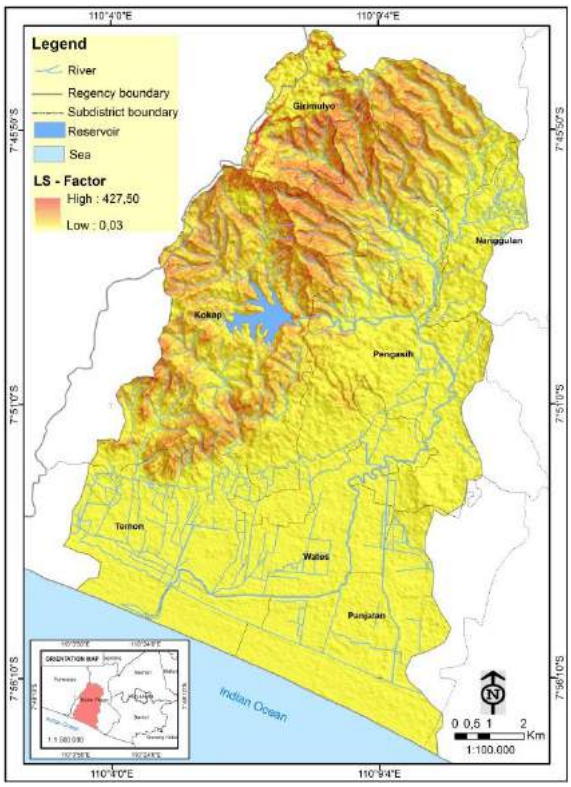


Figure 6. Spatial distribution of crop management factor (C)

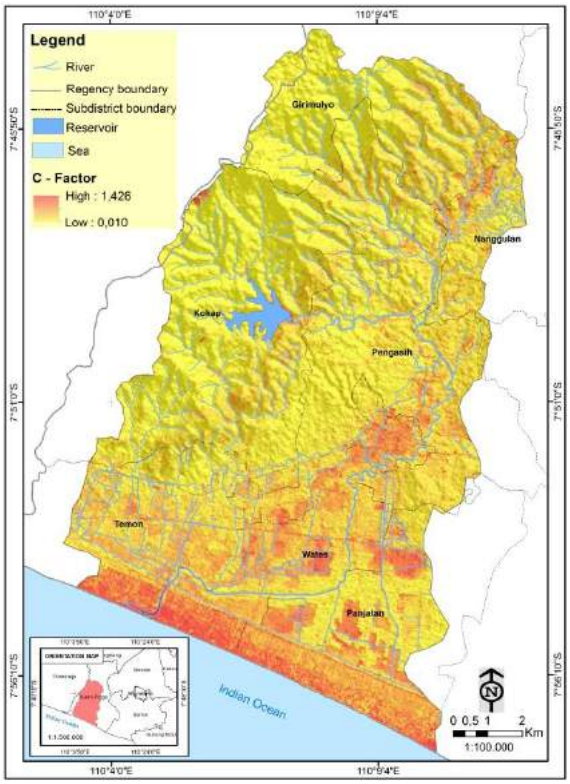


Figure 7. Spatial distribution of support practice factor (P)

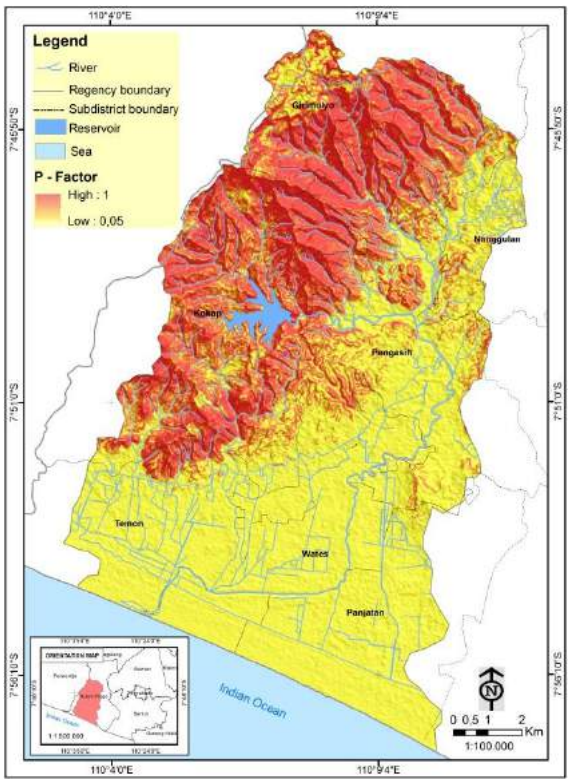


Figure 8. Spatial distribution of organic matter factor (OM)

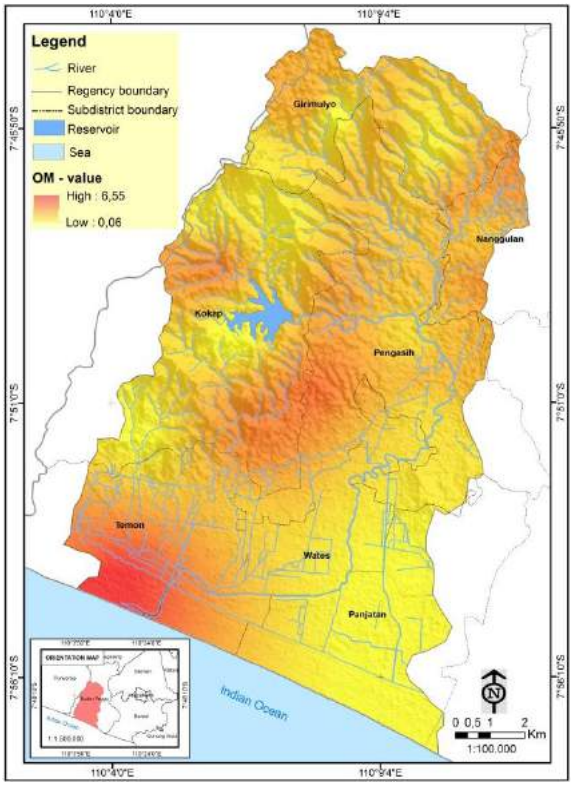


Figure 9. Spatial distribution of solum depth factor

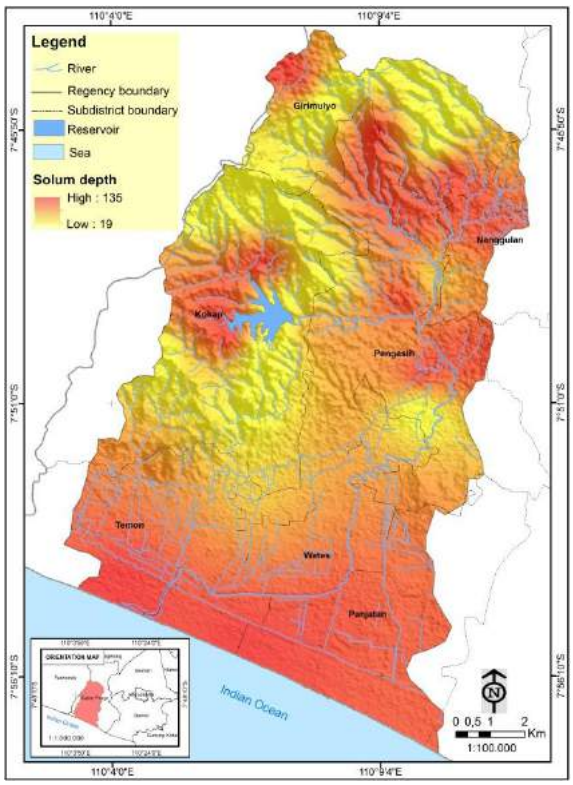


Figure 4. Map of spatial distribution of erosion risk (Analysis, 2016)

After a comprehensive analysis of the entire combinations, the area of study is an erosion-prone area as indicated by the wide spread distribution of extremely to moderate erosion, where as slight and very slight erosion has a smaller percentage (**Table 2, Figure 3**). The model for C_1 involved other two soil attributes other than erodibility, namely organic matter and soil depth while the other combinations only used the factor of erodibility. However, C_1 had apercentage of spatial distribution that was almost the same as that of C_3 and C_4 for the slight erosion class (**Figure 4b**) and the severe erosion class for C_4 (**Figure 4d**). This means that soil attributes other than erodibility did not significantly affect the erosion risk in the area of study.

The distribution of C_2 was almost the same as that of C_4 for the entire erosion classes (**Figure 4**). C_2 added the factors of erosivity (R) and land management (P) in addition to the factors used in C_4. It means that these two factors, namely factors R and P, did not have a significant influence on the control of erosion in the area of study. The P factor map (**Figure 7**) has the same distribution pattern as the LS factor map (**Figure 5**) since both factors are derived from the same contour data, so the LS factor can replace the representation of factor P. C_3 and C_4 had an almost equal distribution percentage for the very slight erosion class (**Figure 4a**). Both combinations used different factors, in which C_4 did not use the factor of erosivity. In this case, it can be concluded that the factor of erosivity did not have a significant influence on the erosion in the area of study.

Table 2. Distribution of the affected area by erosion classes (Analysis, 2016)

	Model combination (%)			
	C_1	C_2	C_3	C_4
Very slight	8,37	4,60	2,75	3,26
Slight	10,08	8,07	11,63	10,18
Moderate	20,07	30,54	26,12	32,16
Severe	18,77	22,04	13,29	18,96
Extremely	42,71	34,75	46,22	35,44

doi: 10.14710/geoplanning.2.2.69-81

Figure 3. Distribution of erosion risk classes (Analysis, 2016)

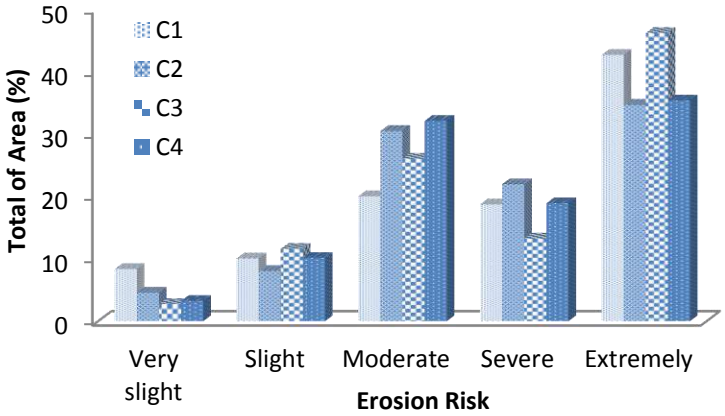
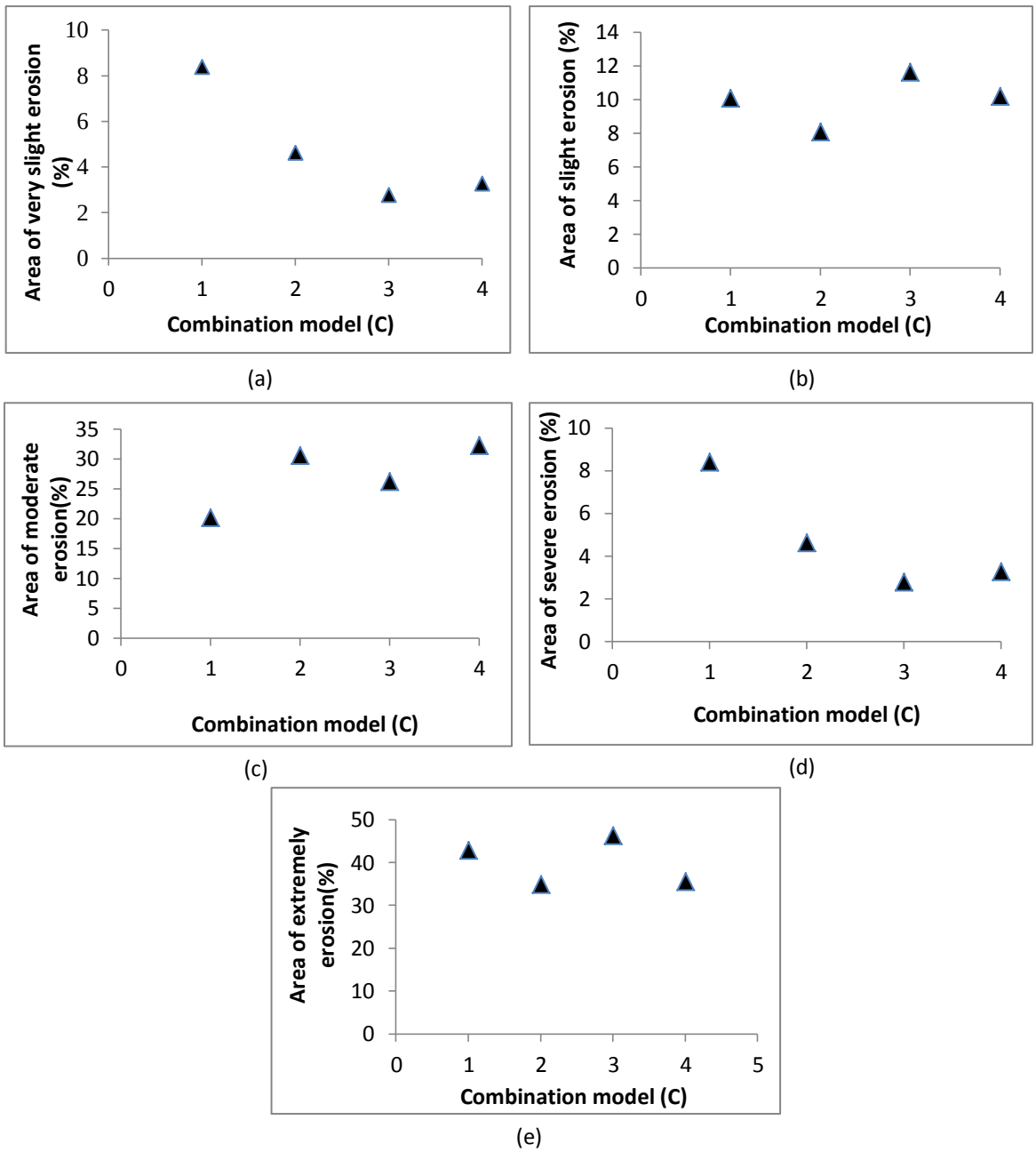
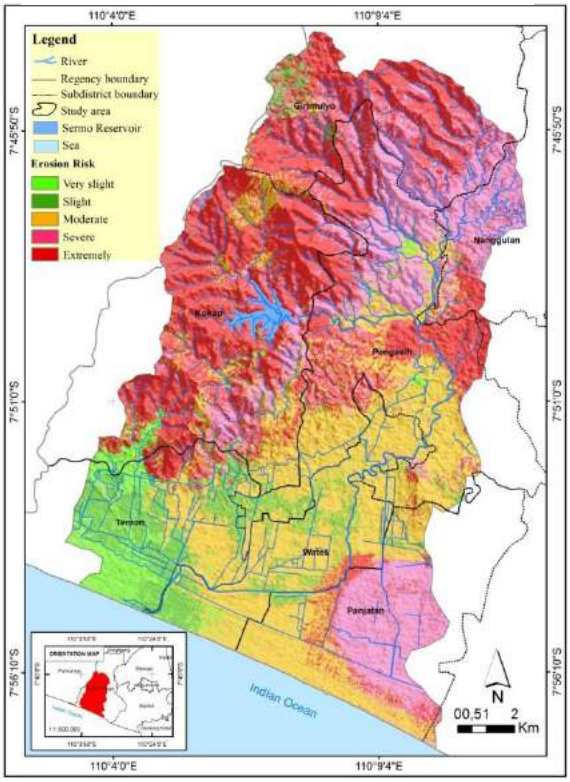


Figure 4. Distribution of the erosion risk model based on erosion risk classes (Analysis, 2016) (a). very slight, (b) slight, (c) moderate, (d) severe, (e) extremely



Results of various combinations model that produces the highest accuracy is C_2 (**Table 3**) shown in **Figure 10**. Based on analysis results of various combinations (**Figure 4**) showed that the factors affecting erosion in the area of study were the slope length and steepness factor (LS) and erodibility (K). This is also shown by **Figure 10** which has the same spatial distribution pattern with those two factors (K and LS). Kamaludin et al. (2013) showed the same thing that factors which potentially trigger erosion are LS and K. The factors of erodibility (R) and vegetation cover (C) affect erosion if they take place simultaneously with the two influential factors (LS and K) as illustrated in Combination 2 (C_2). Farhan et al. (2013) drew the same conclusion that a combination of the factors of soil, slopes, and vegetation can describe the risk of erosion. The rainfall factor in significantly affected erosion in the area of study, except if high erosivity takes place steep slopes, the erosion risk will change into moderate up to extremely as in some areas of Girimulyo and Kokap subdistricts in the north (**Figure 4**).

Figure 10. Spatial distribution of Erosion Risk (C_2)



The classification results based on the map of erosion risk distribution (Figure 10) reveal that the distribution of erosion in the research site was dominated by the following erosion classes, namely extremely erosion spreading across most of the area of Kokap Sub-district, Girimulyo Sub-district, and some of the area of Pengasih Sub-district; severe erosion spreading all over Panjatan Sub-district, Pengasih Sub-district, Nanggulan Sub-district and some of the area of Kokap Sub-district; moderate erosion spreading across Pengasih Sub-district, some of the area in Wates Sub-district, Panjatan Sub-district and some of the area of Kokap Sub-district; as well as slight erosion and very slight erosion spreading all over Temon Sub-district and Wates Sub-district. The percentages of distribution for each erosion class are shown in the diagram presented in **Figure 3**.

3.2. Validation

Accuracy was ensured by testing 53 plots in the sample location in the erosion map generated using the four combinations using qualitative indicators in the field and the highest accuracy was generated by Combination 2 (**Table 3**) where the factors used were consisted of the five factors of erosion used in the model of erosion (R, K, LS, C, P) (**Figure 10**). The lowest of accuracy, i.e. by 83.02%, still can be used as a

doi: 10.14710/geoplanning.2.2.69-81

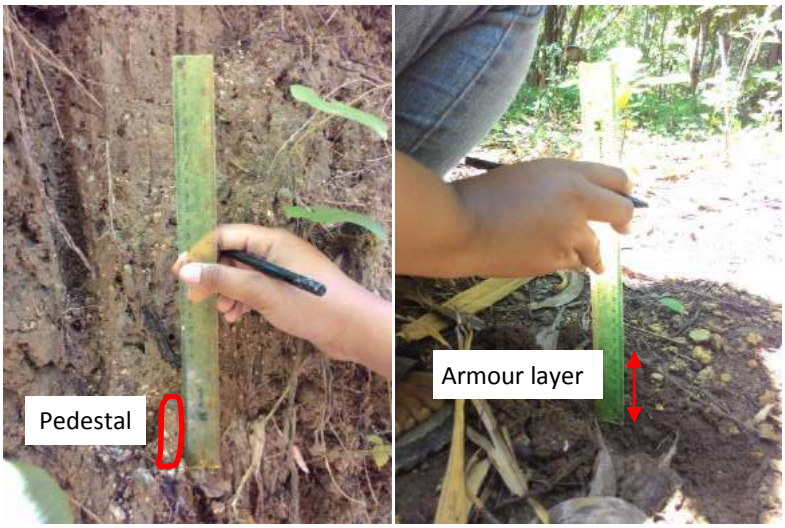
reference even though only three erosion factors were used, namely the slope length and steepness factor (LS), erodibility (K), and vegetation (C).

Erosion classes were also determined by the slope steepness factor. Despite the indicators of erosion in the field, if they exist in a flat and sloping slope, the erosion will belong to the slight erosion class (**Figure 5**). Vrieling (2006) argues that the slope factor and the occurrence of erosion correlate significantly, a very steep slope belongs to the severe erosion class. The more steepness slope is, the higher the number of particles that spreads to the lower slope so as to result in splash and rill erosion (Assouline et al., 2006).

Table 3. Comparison of the accuracy (analysis, 2016)

	Overall accuracy (%)	Indek Kappa
C_1	86.79	0.80
C_2	90.57	0.86
C_3	86.79	0.80
C_4	83.02	0.73

Figure 5. Appearance of Pedestals and Armour Layers
Slight erosion risk (405113 mU, 9131329 mT), (Analysis, 2016)



The erosion indicators show the vulnerability of soil to erosion, tree root exposure occur in a place where plants or trees grow in an eroded area and, likewise, pedestals indicate a high erosion rate as they take place in soil that is easily eroded (high erodibility) by rainfall of high intensity (Stocking and Murnaghan, 2000). Sheet erosion belonged to the slight and moderate categories because the runoff flow rate was not faster than that taking place in the rill and the gully, the resulting erosion did not lead to the formation of a rill and gully. Like the gully erosion, the rill erosion is one of the indicators of severe erosion, but the gully erosion cannot be removed through normal soil cultivation, like in the rill erosion. Therefore, the occurrence of gully erosion in an area indicates extremely erosion despite the absence of observation of other indicators such as tree root exposure, pedestals, and the like.

Figure 6. Tree root exposure, Location (410800 mU, 9140780 mT), Severe erosion risk (Analysis, 2016)

4. CONCLUSION

Results of testing of the four combinations revealed that the area of Serang Watershed was dominated by the extremely erosion class with the most influential factors consisting of the slope length and steepness factor (LS) and erodibility (K). Results of the trial showed that the factor of soil management and cultivation (P) did not have a significant influence on the occurrence of erosion in the area of study because the P value is derived from the same data to obtain the LS value of the contour data, so that the LS factor can replace the representation of factor P as input data. Likewise, the addition of soil attributes in C_1, namely organic matter and soil depth, in this research did not improve the accuracy value (**Table 3**).

5. ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank National Institue of Aeronautics and Space, Indonesia and Meteorological Climate and Geophysics Agency for providing the data. Fieldwork assistance was provided by Alfiatun Nur Khasana, Bagus Pamungkas, Lesan Purnomojati, Natassa Soeroso and Iwuk Lestari. Financial support from Department of Higher Education of Indonesia, which has provided postgraduate scholarship in Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

6. REFERENCES

Asis, A., Omasa, K. (2007). Estimation of Vegetation Parameter for Modeling Soil Erosion Using Linear Spectral Mixture Analysis of Landsat ETM Data. ISPRS Journal of Photogrametry & Remote Sensing 62, pp.309-324.

Assouline, S., Ben-Hur, M. (2006). Effect of Rainfall Intensity and Slope Gradient on the Dynamics of Interill Erosion during Soil Surface Sealing". Catena 66 : 211 – 220

Bersgma, E. (2008). Erosion by Rain: Its Subprocesses and Diagnostic Microtopographic Features, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation

Bouaziz, M., Leidig, M., Gloaguen, R. (2011). Optimal Parameter Selection for Qualitative Regional Erosion Risk Monitoring: A Remote Sensing Study of SE Ethiopia.Geoscience Frontiers 2(2):237-245

Bot, A., Benites, J. (2005). The Importance of Soil Organic Matter. Food and Agriculture Organization of The United Nations

Bredeweg, B., Linnebank, F., Bouwer, A., Liem, J. (2009). Garph3-Workbench for Qualitative Modelling and Simulation. Ecological Informatics (4): 263–281

Desmet, P.J.J., Govers., Goosens, D .(1995). GIS-Based Simulation of Erosion and Deposition patterns. In: J. Poesen and Govers (eds.). Experimental Geomorphology and Landscape Ecosystem Changes

Dibyosaputro, S. (2012). Pola Persebran Keruangan Erosi Permukaan Sebagai Respon Lahan terhadap Hujan Di Daerah Aliran Sungai Secang, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta, Disertasi Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta

Farhan, Y., Zregat, D., Farhan, I. (2013). Spatial Estimation of Soil Erosion Risk Using RUSLE Approach, RS, and GIS Techniques: A Case Study of Kufranja Watershed, Northern Jordan. Journal of Water Resource and Protection (5): 1247 - 1261

Gutman,G.,Ignatov,A. (1998). The Derivation of The Green Vegetation Fraction from NOAA/AVHRR Data for Use in Numerical Weather Prediction Models.International Journal of Remote Sensing 19(8),1533-1543

Jabro, J.D., Stevens, W.B., Iversen, W.M., Evans R.G. (2010). Tillage Depth Effects on Soil Physical Properties, Sugarbeet Yield, and Sugarbeet Quality. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 41:908 – 916

Kamaludin, H., Lihan, T., Rahman, Z.A., Mustapha, M.A., Idris, W.M.R, Rahim, S.A. (2013). Integration of Remote Sensing, RUSLE and GIS to Model Potential Soil Loss and Sediment Yield (SY). Hydrol.Earth Syst. Sci. Discuss, 10:4567 - 4596

Liao, Z., Wang, B., Xia, X., Hannam, P.M. (2012). Enviromental Emergency Decission Support System Based on Artificial Neural Network. Safety Science 50, pp. 150-163

McCool, D.K., Brown, L.C., Foster, G.R. (1989). Revised Slope Length Factor for The Universal Soil Loss Equation. Transaction of ASAE 32 (5), pp. 1571- 1576, 1989

Morgan, R.P.C. (1995). Soil Erosion and Conservation, 2nd Edition. Longman Group, Ltd., London, 198 p.

Parveen, R., Kumar, U. (2012). Integrated Approach of Universal Soil Loss Equation (USLE and Geographical Information System (GIS) for Soil Loss Risk Assessment in Upper South Koel Basin, Jharkhand, Journal of Geographc Information System,4, 588 - 596

Pradhan, B., Lee, S. (2007). Utilization of Optical Remote Sensing Data and GIS Tools for Regional Landslide Hazard Analysis Using an Artificial Neural Network Model.Earth Science Frontiers, 14(6):143 – 152.

Pradhan, B., Lee, S., Buchroitner, M.F. (2010). A GIS-Based Backpropagation Neural Network Model And Its Cross-Application and Validation for Landslide for Susceptibility Analyses.Computers,Environment and Urban Systems 34:216-235.

Renard, K., Foster, G.R., Weesies, G.A., Porter, J.P. (1991) Revised Universal Soil Loss Equation. Journal of Soil and water Conservation, 46: 30-33

Rosa, D and Diepen, C.A. (2002). Qualitative and Quantitative Land Evaluation, in 1.5. Land Use and Land Cover, in Encyclopedia of Life Support System (EOLSS-UNESCO), Eolss Publishers. Oxford, UK. [http://www.eolss.net]

Santoso, H.B. (2012). Arahan Penggunaan Lahan Optimal Berdasarkan Aspek Biofisik dan Kebutuhan Minimal Lahan Pertanian untuk Pengendalian Erosi di Das Serang. Tesis, Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta

Shin, G. J. (1999). The Analysis of Soil Erosion Analysis in Watershed using GIS", Department of Civil Engineering, Gang-won National University

Stocking, M., Murnaghan, N. (2000). Land Degradation-Guidelines For Field Assessment. Overseas Development Group, University of East Anglia, Norwich

Widarsih, S. (2012). Pendugaan Erosi, Kemampuan dan Kekritisan Lahanuntuk rehabilitasi Sub DAS Tinalah, DAS Progo. Tesis. Fakultas Kehutanan UGM,Yogyakarta

Vrieling, A., Sterk G., Vigiak O. (2006). Spatial Evaluation of Soil Erosion Risk In The West Usambara Mountains, Tanzania. Land Degradation 17: 301 – 319

Xu, L., Xu, X., Meng, X. (2012). Risk Assesment of Soil Erosion in Different Rainfall Scenarios By RUSLE Model Coupled With Information Diffusion Model: A Case Study of Bohai Rim, China. Catena (100),pp. 74-62

Ypsilantis, W.G. (2011). Upland soil erosion monitoring and assessment: An overview. Tech Note 438. Bureau of Land Management, National Operations Center, Denver, CO

PEMODELAN SPASIAL EROSI KUALITATIF BERBASIS RASTER
Studi Kasus di DAS Serang, Kabupaten Kulonprogo

(Spatial Modeling of Raster Based Qualitative Erosion)

Nursida Arif[1,2], Projo Danoedoro[2], Hartono[2]
Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Gorontalo[1]
Departemen Sains Informasi Geografi, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada[2]
Gedung Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Gorontalo, 96181
E-mail : nursida.arif@um-gorontalo.ac.id

ABSTRAK

Erosi merupakan salah satu fenomena alam yang banyak dikaji karena melibatkan banyak faktor yaitu vegetasi, tanah, iklim, topografi dan manusia. Kompleksitas faktor-faktor yang mempengaruhi erosi disederhanakan melalui pemodelan untuk memprediksi tingkat erosi pada suatu wilayah dengan memanfaatkan data penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Faktor yang digunakan dalam menyusun model hanya melibatkan tiga faktor yaitu vegetasi, tanah dan lereng. Penelitian ini dilakukan di DAS Serang karena termasuk salah satu DAS yang berada dalam kondisi kritis yang dapat memicu terjadinya degradasi lahan, erosi dan longsor. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui distribusi spasial tingkat erosi kualitatif di DAS Serang. Pendekatan yang digunakan adalah integrasi peginderaan jauh dan sistem informasi geografis berbasis raster. Validasi model dilakukan dengan melihat faktor topografi dan indikator erosi kualitatif di lapangan yaitu *armour layer*, singkapan akar, pedestal, erosi alur dan *gully*. Hasil penelitian menunjukan model yang dihasilkan sangat efektif sebagai solusi cepat prediksi erosi. Berdasarkan hasil analisis tingkat erosi sangat berat mendominasi di wilayah kajian yaitu sebagian besar di kecamatan Kokap, Girimulyo dan sebagian Pengasih.

Kata kunci : model spasial, erosi tanah, raster, kualitatif

ABSTRACK

Erosion is one of the natural phenomena that's studied by many because it involves many factors, namely vegetation, soil, climate, topography and humans. The complexity of the factors affecting erosion is simplified through modeling to predict of erosion rates in a region by utilizing remote sensing data and geographic information systems. The erosion control factor used in this research fewer parameters, namely vegetation, soil and topography only. This research was conducted in Serang watershed because it is one of the watersheds which are in critical conditions which can trigger land degradation, erosion and landslides. The purpose of this research was to know the spatial distribution of erosion susceptibility levels in Serang watershed. The approach used was the integration of remote sensing and raster-based geographic information system. Model validation was undertaken based on topograhy factor and observation of qualitative erosion indicators in the field. The indicators used were pedestals, armor layers, root exposure, or other erosion featuress such as rill and gullies. The results show that the resulting model is more effective as a quick solution to the prediction of erosion. Based on the results of the analysis, the spatial distribution of erosion rates is very dominant in the study area, mostly in Kokap, Girimulyo and some of the sub-districts.

Keywords : spatial modeling, soil erosion, raster, qualitative

PENDAHULUAN

Erosi merupakan proses terlepasnya butiran atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ketempat lain karena terangkut oleh air atau angin (Arsyad, 2010). Erosi menjadi alat ukur penting bagi para pengguna lahan maupun pengambil keputusan untuk mengevaluasi tata kelola lahan. Oleh karena itu pemetaan tingkat erosi melalui pemodelan sangat penting dilakukan untuk merepresentasikan kenyataan di lapangan. Pemodelan erosi dapat dilakukan dengan memanfaatkan data penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Data penginderaan jauh diandalkan dalam memperoleh informasi *landscape* seperti vegetasi dan penggunaan lahan. Sedangkan SIG digunakan untuk mengolah, mensimulasikan skenario dan memvisualisasikan hasil pemodelan. Beberapa penelitian dilakukan khususnya dibidang terapan lingkungan termasuk untuk kajian erosi dan longsor membuktikan bahwa integrasi SIG dan PJ lebih akurat dan efektif (Asis dan Omasa, 2007; Pradhnan dan Lee., 2007; Pradhan, Lee, dan Buchroitner., 2010; Liao *et al*., 2012).

Farhan, Zregat dan Farhan (2013) menggunakan persamaan model RUSLE dalam kalkulasi setiap nilai parameter, hasilnya menunjukan integrasi penginderaan jauh dan SIG dapat menghasilkan model yang lebih sederhana

dalam estimasi erosi, walaupun model yang dihasilkan dapat mengetahui faktor yang mempengaruhi erosi dan estimasi besaran tanah yang hilang di wilayah kajian namun hasil model tidak dikalibrasi dengan data aktual erosi di lapangan. Karena untuk menghasilkan model kuantitatif yang dapat merepresentasikan kondisi nyata dilapangan secara akurat membutuhkan pengukuran yang detil dengan waktu yang lama sehingga biaya lebih mahal. Metode kuantitatif dalam estimasi erosi membutuhkan pemantauan yang intensif dan lebih rinci mengenai kondisi suatu lahan (Ypsilantis, 2011).

Penelitian ini menggunakan pendekatan berbeda dengan menyederhanakan faktor yang berbeda untuk menilai tingkat erosi yaitu hanya berdasarkan faktor vegetasi menggunakan indeks faktor manajemen dan tutupan vegetasi (C), faktor tanah menggunakan indeks erodibilitas (K) dan topografi menggunakan indeks panjang dan kemiringan lereng (LS). Vrieling, Sterk dan Vigiak (2006) dalam penelitiannya hanya menggunakan faktor vegetasi dan lereng dalam prediksi erosi dan menghasilkan akurasi 80%. Padahal dalam beberapa penelitian selain kedua faktor tersebut, faktor erodibilitas tanah juga memberikan pengaruh terhadap terjadinya erosi (Farhan, Zregat dan Farhan, 2013; Kamaludin *et al*., 2013)

Beberapa penelitian erosi telah dilakukan di wilayah kajian yang sama yaitu DAS Serang merupakan penelitian kuantitatif (Widarsih, 2012; Santoso, 2012). Sedangkan pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kualitatif dimana keluaran model (*output*) tidak menampilkan informasi besaran prediksi erosi secara kuantitatif tetapi tingkatan secara kualitatif karena besaran nilai secara numerik suatu variabel pada dasarnya adalah nilai yang bisa berubah pada periode tertentu sedangkan pada kualitatif cenderung lebih konstan dan tidak berubah (Bredeweg *et al*., 2009). Model erosi kuantitatif dapat diandalkan untuk melihat perubahan dinamis dari karakteristik produktivitas lahan, namun memiliki dasar empiris yang lemah, sulit diterapkan pada skala nasional dan membutuhkan interpretasi yang cermat (Sonneveld, Keyzar, dan Stroosnijder, 2011).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui distribusi spasial prediksi tingkat erosi secara kualitatif menngunakan citra penginderaan jauh dan SIG. Model erosi kualitatif yang dibangun tidak ditentukan berdasarkan hasil tumpangsusun skor data-data *input* parameter tetapi berdasarkan data latih (*training data*) menggunakan klasifikasi jaringan saraf tiruan. Dibutuhkan justifikasi awal kelas tingkat erosi secara kualitatif. Definisi masing-masing kelas tingkat erosi secara kualitatif merupakan hasil perhitungan erosi dan tingkat bahaya erosi yang divalidasi dengan pengamatan indikator erosi di lapangan seperti pedestal, *armour layer*, singkapan akar dan *tree mound* yang telah digunakan oleh Stocking dan Murnaghan (2000). Dengan pendekatan kualitatif yang dilakukan dapat menjadi metode alternatif dalam pemetaan erosi yang lebih cepat dan akurat.

Penelitian ini dilakukan di DAS Serang karena termasuk salah satu DAS yang berada dalam kondisi kritis yang dapat memicu terjadinya degradasi lahan, erosi dan longsor seperti yang ditunjukan oleh **Gambar 1.**

Comment [g1]: Untuk penelitian lain sebagai pembanding mohon diletakkan dalam bab hasil dan analisis di bagian akhir

(a) **(b)**

Gambar 1. Indikator Terjadinya Erosi
(a) kenampakan longsor lahan (401181 mT, 9132420 mU, Foto Februari 2015);
(b) kenampakan sedimentasi (408105 mT, 9136568 mU; Foto: Desember 2014)

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat Yang di Gunakan

Perangkat lunak (*software*) yang digunakan terdiri dari beberapa *software* untuk kepentingan analisis yang berbeda yaitu :

- ENVI 4.8; untuk pengolahan citra pra-pemrosesan (koreksi geometrik, radimetrik, tranformasi citra)
- ArcGIS 10.2; untuk pengolahan data-data non spektral (interpolasi) dan visualisasi peta hasil pemodelan
- IDRISI Selva; untuk pengolahan dan analisis model erosi kualitatif

Peralatan lapangan yang digunakan meliputi :

- *Global Positioning System* (GPS) Garmin seri 76 CsX untuk navigasi dan *plotting* titik sampel dilapangan atau posisi kenampakan hasil erosi
- Abney level untuk mengukur kemiringan lereng
- Alat tulis untuk mencatat data hasil survei lapangan
- Kamera untuk memotret kondisi lapangan
- Ring *sample* untuk sampel tanah

Bahan yang digunakan dalam menunjang data penelitian yaitu :

- Citra SPOT 5 tanggal perekaman 24 Oktober 2014, untuk menurunkan informasi faktor C
- Peta RBI skala 1:25.000 lembar Kulonprogo
- Peta tanah skala 1: 50.000 untuk penentuan titik sampel tanah

Penyusunan Parameter Erosi

Parameter erosi yang digunakan dalam penelitian diturunkan dari tiga faktor erosi yaitu vegetasi menggunakan parameter indeks manajemen dan tutupan vegetasi (C), erodibilitas (K), panjang dan kemiringan lereng (LS) yang secara teknis dijabarkan sebagai berikut :

1. Faktor manajemen dan tutupan vegetasi (C)
   - Setelah koreksi citra dilakukan transformasi NDVI menggunakan persamaan
     NDVI = $\frac{band\ 3 - band\ 2}{band\ 3 + band\ 2}$ ..... (1)
   - Nilai C dihitung menggunakan persamaan yangs ama dengan yang digunakan oleh Gutman dan Ignatov (1998):
     C = 1- $\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}$ ..... (2)
2. Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS)
   - Membuat data DEM dari kontur untuk menghasilkan peta kemiringan lereng (S). Panjang lereng dihitung menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh McCool, Brown dan Foster (1989):
     L = $(\frac{\lambda}{22.13})^{\beta}$ ..... (3)

     β = $\frac{(\frac{sin\theta}{0.0896})/[3*(sin\theta)^{0.8}+0.56]}{1+(\frac{sin\theta}{0.0896})/[3*(sin\theta)^{0.8}+0.56]}$ .....(4)
   - Membuat peta *flow direction* dan *flow accumulation*
     λ = *Flow accumulation x cellsize*..... (5)
     S=$\begin{cases} 10.8\ sin\theta + 0.03\ \theta & \theta < 5° \\ 16.8\ sin\theta - 0.5 & 5° \leq \theta < 10° \\ 21.9 sin\theta - 0.96 & \theta \geq 10° \end{cases}$ .....(6)
     dimana :

     L = Panjang lereng
     S = Kecuraman Lereng
     ɵ = Nilai slope dari DEM
     λ = Panjang horisontal slope
     β = indeks slope
3. Faktor Erodibilitas (K)
   - Data erodibilitas diperoleh dari data sampel tanah hasil uji laboratorium. Jenis data tanah yang diambil sampelnya adalah tekstur tanah, bahan organik dan permeabilitas tanah. Faktor K dihitung menggunakan persamaan RUSLE yang dikembangkan oleh Renard *et al.* (1997):

$$K = 7.594\left\{0.0017 + 0.049\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\log(Dg)+1.675}{0.6986}\right)^2\right]\right\}$$ ..... (7)

     Dimana:
     K = erodibilitas tanah
     Dg = Diameter partikel geometrik tanah (mm)
   - Melakukan interpolasi untuk memperoleh peta K
   - Hasil interpolasi diuji akurasi menggunakan RMSE (*root mean square error*) yang ditulis dengan persamaan :
   - RMSE = $\sqrt{\frac{\sum_i^n (A_i - P_i)^2}{n}}$ .....(8)
     dimana :
     n = jumlah sampel
     A_i = nilai hasil pengukuran lapangan di titik i
     P_i = nilai hasil prediksi di titik i

HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Sampel yang digunakan untuk prediksi erodibilitas yaitu 52 sampel tanah yang dibagi menjadi dua sampel yaitu 37 sampel untuk prediksi nilai erodibilitas pada keseluruhan lokasi penelitian dengan menggunakan berbagai metode interpolasi dan 15 sampel digunakan untuk uji ketelitian hasil interpolasi dengan menghitung RMSE. Metode interpolasi nilai K dilakukan menggunakan beberapa metode yang tersedia pada *software* ArcGIS yaitu IDW, *spline*, *kriging*. Hasil uji RMSE menunjukan hasil interpolasi menggunakan IDW memiliki akurasi lebih baik seperti yang ditunjukan pada **Tabel 1**. Peta erodibilitas hasil interpolasi IDW disajikan pada **Gambar 2**.

Tabel 1. Perbandingan RMSE Hasil Interpolasi.

Metode Interpolasi	RMSE

Comment [g2]: Mohon dibuat dalam bentuk paragraf, tidak perlu menggunakan bullet numbering

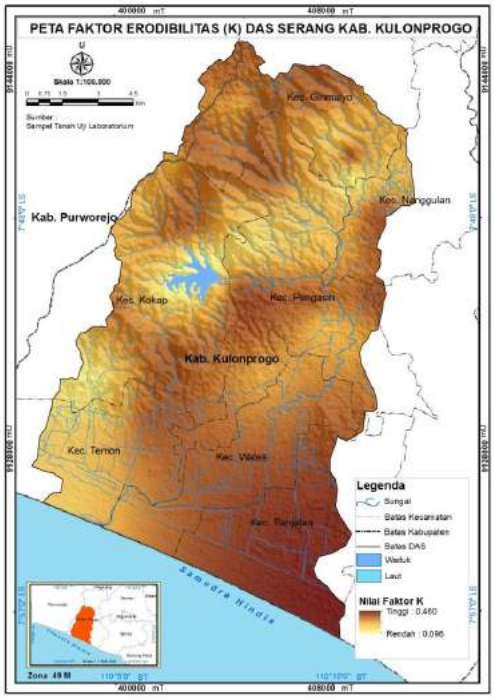
Comment [g4]: Begitu pula dengan ini, pengantarnya mohon dijelaskan dalam bentuk paragraf

Comment [g3]: Sebelum menuju ke persamaan, mohon ditulis persamaan 1, persamaan 2, dst

IDW	0,058
Spline	0,101
Kriging	0,06

Sumber :Analisis, 2016

Jika dilihat distribusi secara spasial (**Gambar 2**) maka area penelitian termasuk rentan terhadap erosi dimana erodibilitas tinggi tersebar hampir diseluruh area penelitian yaitu di kecamatan Panjatan, Wates, Kokap, Pengasih, Girimulyo dan sebagian Nanggulan.

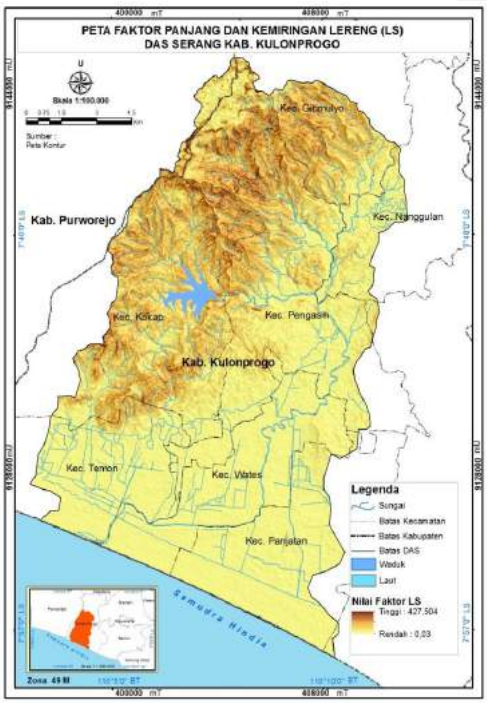


Gambar 2. Peta Faktor K DAS Serang

Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Hasil analisis pada faktor LS di lokasi penelitian diperoleh rentang nilai terendah 0,03 dan tertinggi 427,50 (Lihat **Gambar 3**). Nilai LS yang kecil maka potensi erosi juga kecil, demikian sebaliknya Nilai LS besar maka potensi erosi juga besar. Horton (1945) menunjukan bahwa erosi lebih meningkat pada lereng yang panjang dan curam karena peningkatan kekuatan geser pada permukaan tanah.

Gambar 3 menunjukan distribusi spasial indeks LS terendah mendominasi di Kecamatan Wates, Temon, Panjatan dan sebagian Pengasih dan Nanggulan. Sedangkan distribusi indeks LS tinggi tersebar di kecamatan Kokap dan Girimulyo, artinya pada wilayah ini potensi terjadinya erosi lebih tinggi.

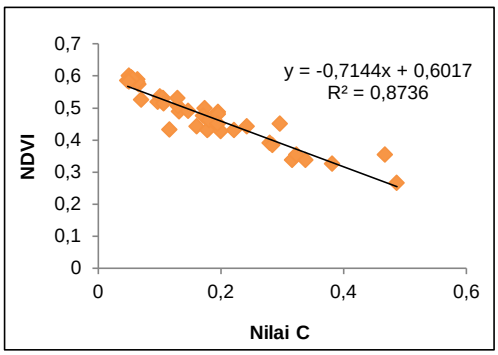


Gambar 3. Peta Faktor LS DAS Serang

Faktor Manajemen dan Tutupan Vegetasi (C)

Pada penelitian ini, nilai C diperoleh dari hasil transformasi NDVI menggunakan **Rumus 2**. Beberapa penelitian membuktikan metode NDVI memiliki korelasi dengan faktor C dan lebih optimal digunakan pada area yang lebih luas dalam waktu yang singkat (Farhan, Zregat dan Farhan, 2013; Alexakis, Hadjimitsis dan Agapiou, 2013). Hubungan NDVI dengan faktor C berbanding terbalik, semakin baik tutupan vegetasi (NDVI makin tinggi) maka nilai C makin rendah seperti yang tampak pada **Gambar 4**.

Comment [g5]: Gunakan istilah yang konsisten (persamaan)



Gambar 4. Korelasi Nilai C dan NDVI

Peta faktor C menunjukan nilai indeks C pada DAS Serang terendah 0,01 dan tertinggi 1,426 seperti yang disajikan pada peta nilai C (**Gambar 4**). Indeks nilai C tinggi terdapat di kecamatan wates, Temon dan Panjatan dimana penggunaan lahan yang ditemukan yaitu sawah sedangkan indeks C rendah terdapat di kecamatan Kokap, Pengasih, Girimulyo dan sebagian Nanggulan.

Gambar 5. Peta Faktor C DAS Serang

Nilai C yang diperoleh peneliti dari hasil turunan NDVI beberapa berbeda dengan nilai C hasil penelitian terdahulu. Beberapa hal yang mendasari perbedaan indeks C nilai yaitu bulan pengamatan, perbedaan iklim termasuk curah hujan serta lokasi pengamatan yang berbeda kondisi dengan lokasi penelitian. Berdasarkan hal tersebut, nilai indeks C bukan merupakan nilai absolut yang tidak mengalami perubahan setiap periodik (musim/tahun), sehingga sangat memungkinkan adanya perbedaan pada setiap peneliti.

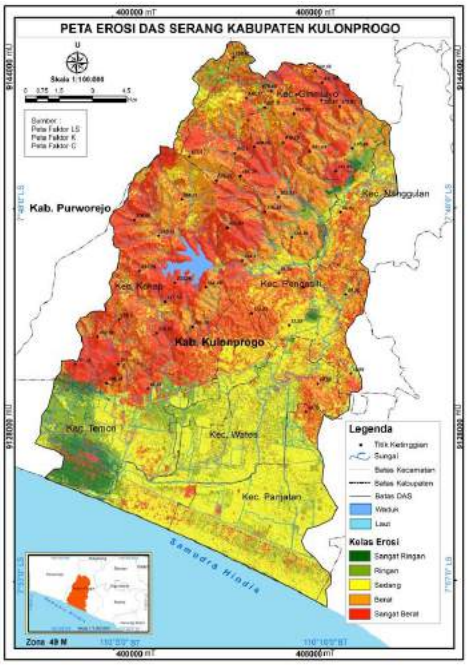
Ketiga peta faktor pengontrol erosi diatas yaitu **Gambar 2**, **Gambar 3** dan **Gambar 5** akan dianalisis berbasis raster menggunakan teknik jaringan saraf tiruan (JST). Teknik JST digunakan karena JST mampu memahami data non linear dan kompleks (Melchiorre *et al*., 2008; Arif dan Danoedoro, 2013). Penelitian ini tidak mengkaji secara mendalam pengaruh parameter JST dalam menghasilkan akurasi hasil prediksi, sehingga parameter yang digunakan hanya berdasarkan kombinasi dengan akurasi terbaik yang dilakukan oleh peneliti terdahulu (Arif dan Danoedoro, 2013; Chen *et al*., 2013; Song *et al* 2013). Proses simulasi prediksi erosi dilakukan pada *software* IDRISI Selva.

Metode JST membutuhkan data contoh (sampel) sebagai data latih. Jumlah sampel yang digunakan adalah 53 sampel, jumlah sampel yang dilatih yaitu 30 sampel mewakili karakteristik data berbeda. Definisi kelas erosi hasil justifikasi berdasarkan analisis yang dilakukan disajikan pada **Tabel 2**. Peta hasil prediksi disajikan pada **Gambar 6**. Berdasarkan **Gambar 6** menunjukan tingkat erosi yang dominan adalah erosi sangat berat terdapat khususnya di lereng yang curam. Pada lereng yang datar terdapat tingkat erosi berat yaitu di kecamatan Panjatan dan sebagian Wates. Hal ini karena erodibilitas pada wilayah tersebut termasuk dalam kelas erosi tinggi (**Gambar 2**). Artinya faktor erodibiltas dan lereng memberikan pengaruh yang lebih besar dibandingkan faktor vegetasi.

Tabel 2. Definisi Sampel Erosi di Lokasi Penelitian

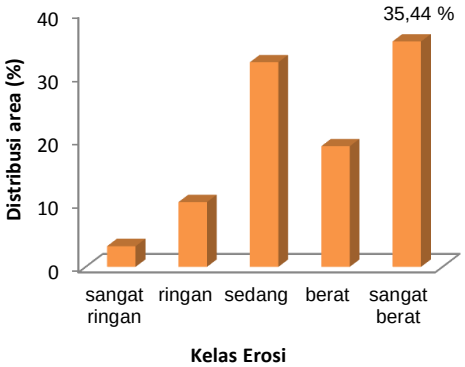
Kelas Erosi	Indikator Erosi Kualitatif						Kemiringan lereng				
	Tidak ada	Ada									
		Singkapan akar	Pedestal	Armour layer	Erosi alur (*rill*)	Erosi parit (*gully*)	I	II	III	IV	V
Sangat ringan	✓						✓				
ringan	✓							✓			
		✓	✓	✓			✓				
Sedang		✓	✓	✓				✓			
	✓								✓		
Berat					✓			✓			
		✓	✓						✓		
Sangat berat						✓			✓	✓	✓
		✓	✓							✓	✓
					✓					✓	✓

Keterangan:I=datar; II=landai; III=agak curam; IV=curam; V=sangat curam
Sumber : Hasil pengamatan lapangan, 2015



Gambar 6. Peta Hasil Prediksi Erosi DAS Serang.

Berdasarkan peta pada **Gambar 6** persentase distribusi spasial kelas erosi didominasi oleh erosi berat (35,44%) kemudian berturut erosi sedang (32,16%), erosi ringan (1018 %) dan erosi sangat ringan (3,26%) seperti yang disajikan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Persentase Distribusi Tingkat Erosi

Validasi model berdasarkan hasil pengamatan indikator erosi kualitatif seperti yang ditunjukan pada beberapa sampel berikut (**Gambar 8** dan **Gambar 9**). Kenampakan erosi pada **Gambar 8** adalah pedestal dan singkapan akar yang terjadi pada lereng yang curam merupakan tingkat erosi sangat berat mengacu pada justifikasi kelas erosi **Tabel 2**. Pedestal dan singkapan akar menjadi indikator laju erosi tinggi karena terjadi pada tanah yang mudah terkikis (erodibilitas tinggi) oleh intensitas curah hujan tinggi (Stocking dan Murnaghan, 2000).

(a) Kenampakan Pedest (b)
(b) Kenampakan singakapn akar
Lokasi: 400202 mT; 9138238 mU

(a) (b)

Gambar 9. Kelas Tingkat Erosi Sedang
(a) Kenampakan *armour layer*
(b) Kenampakan singakapan akar
Lokasi: 407702 mT; 9129856 mU

Gambar 9 dijustifikasi sebagai erosi sedang karena berada di lereng yang landai. Lereng menjadi indikator yang penting yang mempengaruhi terjadinya erosi. Vrieling, Sterk dan Vigiak O (2006) menegaskan bahwa lereng sangat curam memiliki kelas erosi yang tinggi. Semakin miring lereng, maka partikel yang terhambur ke lereng bawah makin banyak sehingga memicu terjadinya erosi percik dan erosi alur Assouline dan Ben-Hur (2006). Validasi pada keseluruhan sampel menghasilkan akurasi 83,02% (**Tabel 3**). Berdasarkan evaluasi pada proses yang dilakukan dan keluaran model (*output*) yang dihasilkan, model sangat fleksibel dengan data input yang terbatas dapat digunakan untuk memprediksi tingkat erosi, model dapat diadaptasi pada DAS sejenis. Kelemahannya tingkat generalisasi rendah berbeda dengan model hasil analisis vektor dimana generalisasi lebih tinggi, namun gangguan bentang lahan yang lain seringkali diabaikan dalam pembuatan poligon. Distribusi spasial berbasis raster sulit diterapkan untuk upaya konservasi lahan sehingga kontrol erosi menjadi lebih sulit.

Tabel 3. Matriks Kesalahan Pengujian Keseluruhan Sampel

	Klas Erosi	*Ground truth*					Total	*User's accuracy* (%)
		Sangat ringan	Ringan	Sedang	Berat	Sangat berat		
Hasil Prediksi	Sangat ringan	3		1			4	75,00
	Ringan		5	1			6	83,33
	Sedang	1		5			6	83,33
	Berat				5	2	7	71,43
	Sangat berat				4	26	30	86,67
	Total sampel	4	5	7	9	28	53	
	Produser's acc. (%)	75	100	71,42	55,55	92,85		
	Overall accuracy (%)	83,02						
	Kappa	0,73						

Sumber : Pengolahan Data, 2016; Data Lapangan, Oktober 2016

Berdasarkan **Tabel 3** prediksi lebih mudah dilakukan pada kelas erosi sangat berat, sangat ringan dan ringan. Karena batasan antara kelas erosi sangat tegas perbedaan kenampakan indikator erosinya di lapangan dengan lereng landai sampai sangat curam sedangkan kelas erosi berat lebih sulit dibedakan dengan erosi sangat berat karena memiliki kenampakan indikator erosi yang sama

KESIMPULAN

Kesimpulan

Hasil model prediksi menunjukan distribusi tingkat erosi yang dominan di daerah kajian yaitu erosi sangat berat (35,44%) tersebar di sebagian besar kecamatan Kokap, Girimulyo dan sebagian Pengasih. Hasil pengamatan indikator di lapangan menunjukan DAS Serang termasuk area yang rentan terhadap erosi. Model kualitatif yang dihasilkan dapat digunakan sebagai metode alternatif yang lebih efektif dan efisien untuk prediksi erosi.

Saran

Penelitian ini dilakukan sebagai bagian dari upaya membangun logika model erosi secara kualitatif yang sesuai dengan kondisi di Indonesia sehingga menjadi solusi cepat prediksi erosi tanpa mengandalkan logika model yang selama ini banyak digunakan seperti USLE dan turunannya. Oleh karena itu, metode yang dilakukan dalam penelitian ini perlu diuji di lokasi penelitian yang berbeda.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kementrian Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini dan Lembaga Penerbangan dan Antariksa yang telah menyediakan data

DAFTAR PUSTAKA

Alexakis, D.D., Hadjimitsis,D.G., Agapiou. (2013). *Integrated Use of Remote Sensing,GIS and Precipitation Data for The Assesment of Soil Erosion Rate In the Catchment Area of "Yialias" in Cyprus*. Atmospheric Research (131): 108-124.

Arif, N., Danoedoro, P. (2013). *An Analyze of A Backpropagation Neural Network in The Identification of Critical Land Based on ALOS Imagery.* 34th Asian Conference on Remote Sensing 2013, Volume 1, pp 589 – 593.

Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah dan Air*, Edisi Kedua, IPB Press

Asis, A., Omasa, K. (2007). *Estimation of Vegetation Parameter for Modeling Soil Erosion Using Linear Spectral Mixture Analysis of Landsat ETM Data.* ISPRS Journal of Photogrametry & Remote Sensing 62, pp.309-324

Assouline, S., Ben-Hur, M. (2006). *Effect of Rainfall Intensity and Slope Gradient on The Dynamics of Interill Erosion During Soil Surface Sealing*". Catena 66 : 211 – 220

Bredeweg, B., Linnebank, F., Bouwer, A., Liem, J. (2009).*Garph3-Workbench for Qualitative Modelling and Simulation*. Ecological Informatics (4): 263–281

Chen, Y.R., Chen, J.W, Hsieh, S.C., Ni, P.N. (2013). *The Application of Remote Sensing Technology to The Interpretation of LU for Rainfall – Induced Landslide Based on Genetic Algorithm and Artificial Neural Network*, IEEE Earth Observations and remote Sensing, Vol.2 (2): 87 – 95

Farhan, Y.,Zregat, D., Farhan, I. (2013). *Spatial Estimation of Soil Erosion Risk using RUSLE Approach, RS, and GIS Techniques: A Case Study of Kufranja Watershed, Northern Jordan,* Journal of Water Resource and Protection (5): 1247 – 1261

Gutman, G., Ignatov, A. (1998). *The Derivation of The Green Vegetation Fraction from NOAA/AVHRR Data for Use in Numerical Weather Prediction Models.* International Journal of Remote Sensing 19 (8),1533-1543

Horton, R.E. (1945). *Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins: Hydrological Approach to Quantitative Morphology.* Geol.Soc.Bull. 56:275-243

Kamaludin, H., Lihan, T., Rahman, Z.A., Mustapha, M.A., Idris, W.M.R and Rahim, S.A. (2013). *Intergration of Remote Sensing, RUSLE and GIS to Model Potential Soil Loss and Sediment Yield (SY)*. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss, 10, 4567 - 4569

Liao, Z., Wang, B., Xia, X., Hannam, P.M., 2012, *Enviromental Emergency Decission Support System Based on Artificial Neural Network*. Safety Science 50, pp. 150-163

McCool, D.K., Brown, L.C., Foster, G.R. (1989). *Revised Slope Length Factor for The Universal Soil Loss Equation.* Transaction of ASAE 32 (5), 1571 – 1576

Melchiorre, C., Matteuci, M., Azzoni, A. ,Zanchi, A (2008). *Artificial Neural Networks and Cluster Analysis in Landslide Susceptibility Zonation*. Geomorphology 94, pp. 379-400.

Pradhan, B., Lee, S. (2007). *Utilization of Optical Remote Sensing Data and GIS Tools for Regional Landslide Hazard Analysis Using an Artificial Neural Network Model*. Earth Science Frontiers, 14 (6):143 – 152.

Pradhan, B., Lee, S., Buchroitner, M.F. (2010). *A GIS-Based Backpropagation Neural Network Model And Its Cross-Application and Validation for Landslide for Susceptibility Analyses*. Computers, Environment and Urban Systems 34:216-235.

Renard, K.G., G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool, and D.C. Yoder, coordinators. (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).* U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 703, 404 pp.

Santoso, H.B. (2012). *Arahan Penggunaan Lahan Optimal Berdasarkan Aspek Biofisik dan Kebutuhan Minimal Lahan Pertanian untuk Pengendalian Erosi di Das Serang.* Tesis, Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta

Song, H., Xu, R., Ma, Y., Li, G. (2013). *Classification of ETM+ Remote Sensing Image Based on Hybrid Algorithm of Genetic Algorithm and Backpropagation Neural Network*, Hindawi Publishing Corporation, Mathematical Problems Engineering Vol. 2013. http://dx.doi.org/10.1155/2013/719756

Sonneveld, B.G.J.S., Keyzar, M.A., Stroosnijder, L.(2011). *Evaluating Quantitative and Qualitative*: *An Application for Nationwide Water Erosion Assesment in Ethiopia*. Enviromental Modelling &Software (26):1161-1170.

Stocking, M., Murnaghan, N. (2000). *Land Degradation-Guidelines For Field Assessment.* Overseas Development Group, University of East Anglia, Norwich UK

Vrieling, A., Sterk G., Vigiak O. (2006). *Spatial Evaluation of Soil Erosion Risk In The West Usambara Muntains, Tanzania*. Land Degradation 17: 301 – 319

Widarsih, S. (2012). *Pendugaan Erosi, Kemampuan dan Kekritisan Lahanuntuk rehabilitasi Sub DAS Tinalah, DAS Progo.* Tesis. Fakultas Kehutanan UGM,Yogyakarta

Ypsilantis, W.G. (2011). *Upland soil erosion monitoring and assessment: An overview*. Tech Note 438. Bureau of Land

Analysis of Artificial Neural Network in Erosion Modeling: A Case Study of Serang Watershed

N Arif[1,2], P Danoedoro[3], Hartono[3]
[1]Doctoral Program in Faculty of Geography, Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara Bulaksumur, Yogyakarta, 55281, Indonesia
[2]Faculty of Science and Technology, Universitas Muhammadiyah Gorontalo, Pentadio Timur, Gorontalo, 96181, Indonesia
[3]Faculty of Geography, Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara Bulaksumur, Yogyakarta, 55281, Indonesia

email: nursida.arif@um-gorontalo.ac.id

Abstract. Erosion modeling is an important measuring tool for both land users and decision makers to evaluate land cultivation and thus it is necessary to have a model to represent the actual reality. Erosion models are a complex model because of uncertainty data with different sources and processing procedures. Artificial neural networks can be relied on for complex and non-linear data processing such as erosion data. The main difficulty in artificial neural network training is the determination of the value of each network input parameters, i.e. hidden layer, momentum, learning rate, momentum, and RMS. This study tested the capability of artificial neural network application in the prediction of erosion risk with some input parameters through multiple simulations to get good classification results. The model was implemented in Serang Watershed, Kulonprogo, Yogyakarta which is one of the critical potential watersheds in Indonesia.
The simulation results showed the number of iterations that gave a significant effect on the accuracy compared to other parameters. A small number of iterations can produce good accuracy if the combination of other parameters was right. In this case, one hidden layer was sufficient to produce good accuracy. The highest training accuracy achieved in this study was 99.32%, occurred in ANN 14 simulation with combination of network input parameters of 1 HL; LR 0.01; M 0.5; RMS 0.0001, and the number of iterations of 15000. The ANN training accuracy was not influenced by the number of channels, namely input dataset (erosion factors) as well as data dimensions, rather it was determined by changes in network parameters.

1. Introduction

Soil erosion is a process of soil displacement from one place to another, which becomes an indicator of declining quality of land, thus affecting the sustainability of agricultural production globally [1-4]. Prediction of erosion-prone area is important for evaluation of land use and to support decisions in making regulations on land management. The problem is there is high uncertainty of spatial data, greatly affecting the accuracy of prediction result, including erosion prediction. Spatial data is very complex and contains a lot of uncertainty, as evident in the nature, collection, and analysis technique of the data.

Problems in the classification of non-linear spatial data with dimension of big data can be solved by artificial neural network approach [5]. The artificial neural network is one machine learning that is widely used in solving various problems of classification and prediction. An artificial neural network is a process of training input data to identify an output pattern, i.e. the target that has been determined by its ability to learn. Study of erosion of artificial neural network has been performed by several researchers by erosion-prone area prediction modeling with good resulting accuracy [6-7). [8]

Perform similar research, which is mapping landslide-prone area using artificial neural network with accuracy of prediction up to 82,92 %. The weakness of artificial neural network is incomprehensible supporting theoretical evidence in selecting a combination of parameter value of ANN, including ANN structure selected to produce effective results, making ANN difficult to apply [8-9]. The current research tested several parameter combinations to produce good accuracy. The algorithm used for execution was backpropagation. There are many artificial neural network algorithms that can be used in the training process. Backpropagation algorithm in multilayer perceptron (MLP) network is one that is widely utilized for complex problems. The previous researcher [10] compare the guided algorithms: Backpropagation, Self-Organizing Mapping and Simulated Annealing using Landsat TM imagery in the classification of land cover conclude that the backpropagation method obtains the most accurate precision compared to other algorithms. Some other researchers also prove that backpropagation algorithm is reliable in the classification of spatial data with good accuracy [8,11-13].

Backpropagation algorithm uses error output to change the loading values backward. To fix this error, forward propagation phase must be performed in advance [14]. In addition to write algorithm selection, network operation is likewise influenced by the pattern of data input and the value of the network parameters, hence that the network can perform the function of generalization and memorization well. In this paper, the focus of study was comparing the combination of various input parameters of artificial neural network to get good classification results.

2. Method

The entire experiment was performed on Windows 8 (64-bit) operating system with i3 processor and 2 GB RAM. Artificial neural network training was performed on IDRISI using MLP (multilayer perceptron) tool. The training data consisted of 9 layers which are the factors of erosion control, i.e. erosivity (R), erodibility (K), length and slope (LS), land cover management (C), factors supporting land conservation practice (P) and four additional layers of remote sensing data, i.e. SPOT 5 multispectral imagery with four bands/channels that provided different spectral reflectance values for each land cover/land use. The neural network architecture in this modeling is as shown in Figure 1. Total data collected was 53 samples of which 30 samples were used as training data and 23 samples as test data for verification. The experiment conducted with 23 simulations by changing the values of network parameters, i.e. learning rate (LR), momentum (M), number of hidden layers (HL), number of iterations (I) and RMS Error (Table 1)

The training results were evaluated using an overall accuracy calculation. One that is widely used in accuracy calculation of the classification is by preparing classification error matrix. The correlation between known reference data and classification results can be compared with error matrix. Overall accuracy was computed by dividing the number of right pixels (the number of main diagonal) with the total number of pixels in the error matrix [15].

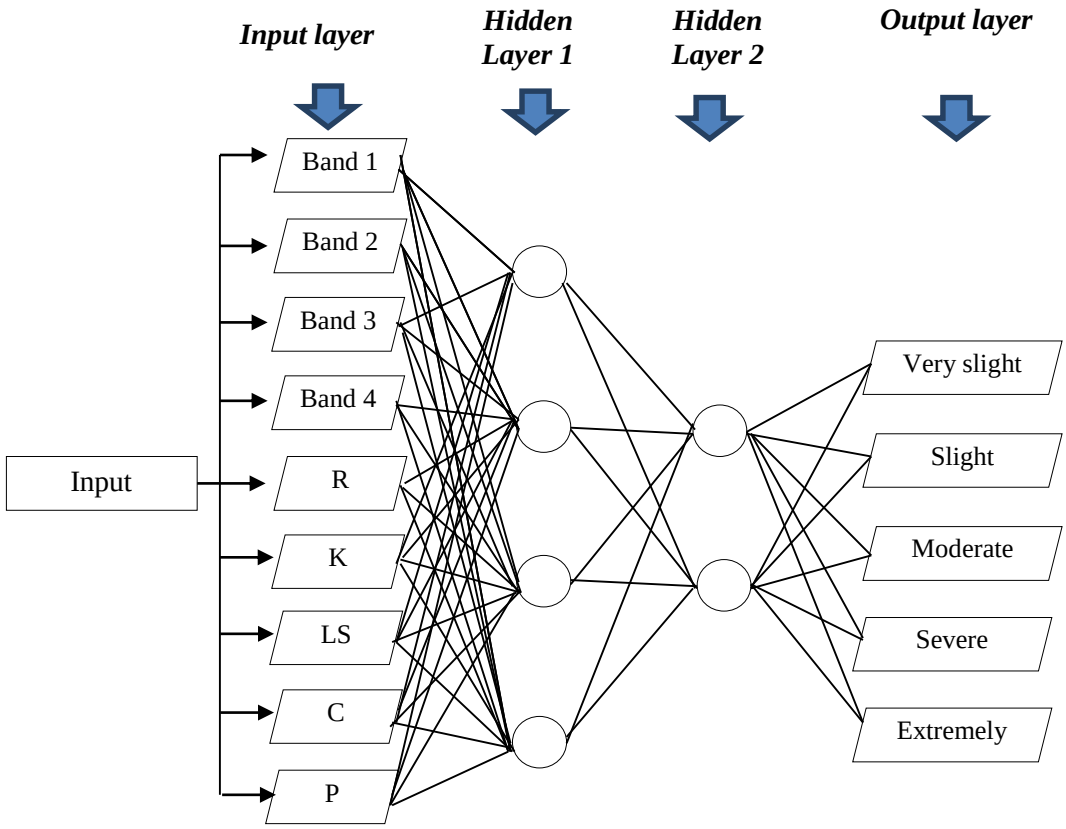


Figure 1. Architecture of artificial neural network for erosion (Band 1, band 2, band 3, band 4, band 5 = SPOT 5 satallite image), R = erosivity data image, K = erodibility data image, LS = length and slope steepness data image; c = vegetation cover management data image; P = supporting land conservation practice data image

Table 1. Parameters of network training structure

Name	HL	LR	M	RMS	I	Name	HL	LR	M	RMS	I
ANN 1	1	0.001	0.5	0.0001	5000	ANN 13	1	0.001	0.5	0.0001	25000
ANN 2	1	0.001	0.5	0.0001	10000	ANN 14	1	0.01	0.5	0.0001	15000
ANN 3	1	0.001	0.5	0.0001	15000	ANN 15	2	0.01	0.9	0.001	10000
ANN 4	2	0.001	0.5	0.0001	5000	ANN 16	2	0.001	0.9	0.0001	15000
ANN 5	2	0.001	0.5	0.0001	15000	ANN 17	1	0.001	0.9	0.0001	5000
ANN 6	1	0.001	0.9	0.0001	15000	ANN 18	1	0.001	0.5	0.0001	20000
ANN 7	2	0.4	0.5	0.0001	5000	ANN 19	2	0.001	0.5	0.0001	20000
ANN 8	1	0.01	0.5	0.001	5000	ANN 20	1	0.001	0.9	0.0001	20000
ANN 9	1	0.01	0.5	0.001	10000	ANN 21	2	0.001	0.9	0.0001	20000
ANN 10	2	0.01	0.5	0.001	5000	ANN 22	2	0.001	0.9	0.0001	25000
ANN 11	2	0.01	0.5	0.001	10000	ANN 23	1	0.001	0.9	0.0001	30000
ANN 12	2	0.01	0.4	0.001	10000						

3. Experimental Results and Discussion

Table 2 shows the highest training accuracy achieved in this study was 99.32%, occurred in ANN 14 simulation with combination of network input parameters of 1 HL; LR 0.01; M 0.5; RMS 0.0001, and the number of iterations of 15000. The previous researcher [16] have proved the accuracy of training reaches 91.9% when the iterations at 15000. The experimental results showed there was a simulation with low accuracy and some simulations that cannot be executed by artificial neural network because the combination of network input parameters was not considered ideal in the simulations (Table 2)

Table 2. Results of simulations with error/low accuracy

Name	HL	LR	M	RMS	I	Overall accuracy (%)
ANN 4	2	0.001	0.5	0.0001	5000	*error*
ANN 5	2	0.001	0.5	0.0001	15000	48.69
ANN 7	2	0.4	0.5	0.0001	5000	*error*
ANN 15	2	0.01	0.9	0.001	10000	*error*

Table 2 shows ANN 4 resulted in an error or "out of memory" whose results were not as expected. This condition occurred in the simulation with 2 HL, but cannot be said that only the hidden layer that affected on accuracy. The following are the effects of each network parameter against the level of accuracy. The first parameter, i.e. **iteration**, was the parameter that had great effect on accuracy. It can be seen from multiple simulations that had the same network parameter values, only differed in the value of iterations (Table 3)

Table 3. The comparison of accuracy with different iteration

Name	HL	LR	M	RMS	Iteration	Overall accuracy (%)
ANN 4	2	0.001	0.5	0.0001	5000	*error*
ANN 5	2	0.001	0.5	0.0001	15000	48,69
ANN 8	1	0.01	0.5	0.001	5000	98,58
ANN 9	1	0.01	0.5	0.001	10000	95,8
ANN 10	2	0.01	0.5	0.001	5000	98,37
ANN 11	2	0.01	0.5	0.001	10000	99,05
ANN 21	2	0.001	0.9	0.0001	20000	98,78
ANN 22	2	0.001	0.9	0.0001	25000	98,06

Table 3 shows overtraining occurs in ANN 8 and ANN 9 simulations. ANN 8 with 5000 iterations had reached 98.58% accuracy, but when added by iterations in ANN 9 to 15000, the accuracy value was decreased. Basically, there was no provision or previous study mentioned the best number of iterations. The initial determination of the number of iterations will be a reference for the next simulation only when the first simulation is carried out. Thus, the thing to be considered when determining the number of iterations is the network is not stuck in overtraining, rather than what are the numbers of iteration that must be carried out in every training. Because the data pattern in each case was different, the ideal treatment or artificial neural network architecture will also be different. Overall, from 23 simulations that were carried out, the best iteration was 15000 since it occurred in

some simulations. The optimal number of iterations was also strongly affected by the combination with other parameters, such as momentum and RMS [13]. The simulations had been carried out with two different momentum values tested in different iterations (Table 4).

Table 4. The comparison of accuracy in different iteration and momentum

Name	HL	LR	M	RMS	I	Overall accuracy (%)
ANN 1	1	0.001	0.5	0.0001	5000	81,81
ANN 2	1	0.001	0.5	0.0001	10000	89,8
ANN 3	1	0.001	0.5	0.0001	15000	94,58
ANN 13	1	0.001	0.5	0.0001	25000	95,48
ANN 18	1	0.001	0.5	0.0001	20000	96,16
ANN 17	1	0.001	0.9	0.0001	5000	96,34
ANN 6	1	0.001	0.9	0.0001	15000	98,51
ANN 20	1	0.001	0.9	0.0001	20000	98,6
ANN 23	1	0.001	0.9	0.0001	30000	99.23

The changes of iteration carried out in the values of momentum in 0.5 and 0.9 showed M value = 0.5 higher accuracy by the addition of the number of iterations. The researcher performed the addition because of seeing the pattern of increased accuracy when the number of iterations added by the assumption of low accuracy because of the number of training was less (under training). An overview of accuracy changes at each iteration with the values of M = 0.5 and M = 0.9 is presented in Figure 2.

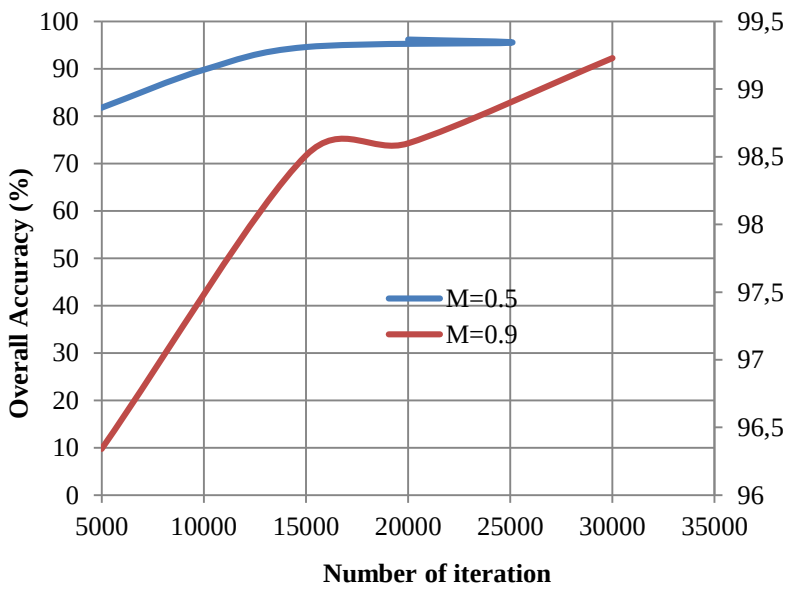


Figure 2.The correlation between iteration, momentum, and accuracy

The second parameter, i.e. **learning rate**, affected on the intensity of the training process. Learning rate becomes a problem when the number of training is too much, so that the system is not able to generalize well. Learning rate that is too high requires a longer time for continuous training, so that optimal convergence is not achieved [17]. Lower learning rate guarantees a decrease in gradient, but can increase the number of iterations. In the simulations carried out in the study, the most optimal

learning rates producing the best accuracy was 0.001 and 0.01, as on previous research conducted by [13]. The correlation with accuracy and time was inversely related. The lower the value of learning rate, the higher the accuracy, and the longer the computation time. Otherwise, the higher the value of learning rate, the lower the accuracy, and the faster the computation time. The value of learning rate that was higher had been tested in the simulation conducted at ANN 7, i.e. 0.4 (Table 2), but the results of training cannot be executed. In contrast to those produced by [16], learning rate of 0.4 produces an accuracy of 75%. Generally, the value of LR been ranging from 0.001 to 1 [18]. The study had been attempted with LR 0001; 0.01 was quite optimal to use. Both values have also been proven by [13]. His study can yield the highest accuracy, but also can yield low accuracy if other input parameters are not correct.

The third parameter, i.e. **hidden layer**, functions as a place where algorithm improves the load of input before comes to the output layer. ANN has knowledge rules that are difficult to formulate as seeing how much each of the parameters affect the accuracy, including hidden layer. Some simulations with 1 HL had very good accuracy, but contrarily, some simulations with 2 HL had better accuracy. Some of the following simulation shows the difference in accuracy between 1 HL and 2 HL (Table 5)

Table 5. The comparison of accuracy in different hidden layer

Name	HL	LR	M	RMS	I	Overall accuracy (%)
ANN 1	1	0.001	0.5	0.0001	5000	81,81
ANN 4	2	0.001	0.5	0.0001	5000	*error*
ANN 3	1	0.001	0.5	0.0001	15000	94,58
ANN 5	2	0.001	0.5	0.0001	15000	48,69
ANN 8	1	0.01	0.5	0.001	5000	98,58
ANN 10	2	0.01	0.5	0.001	5000	98,37
ANN 9	1	0.01	0.5	0.001	10000	95,8
ANN 11	2	0.01	0.5	0.001	10000	99,05
ANN 18	1	0.001	0.5	0.0001	20000	96,16
ANN 19	2	0.001	0.5	0.0001	20000	74,72
ANN 20	1	0.001	0.9	0.0001	20000	98,6
ANN 21	2	0.001	0.9	0.0001	20000	98,78

Based on Table 5 above, the combination of parameters of LR 0.001; M 0.5; RMS 0.0001 would be optimal with 1 HL although changes were made to the number of iterations as in simulations ANN 1 and ANN 4, ANN 3 and ANN 5, ANN 18 and ANN 19. When the momentum parameter and the value of learning rate were changed, the resulting accuracies on some combinations with 2 HL were optimal, and in other combinations with 1 HL were sufficient. These conditions occurred in the simulations ANN 9 and ANN 11, ANN 20, and ANN 21. Overall, the best accuracy occurred with 1 HL. Some simulations with 2 HL achieved the highest accuracy as in ANN 11 and ANN 21, but accuracy with 1 HL on the same simulations and parameters had reached an accuracy of > 90%. So, it can be said that one hidden layer was sufficient to solve the problems with the characteristics of the data in this study. [14] supports the above facts that 1 HL has been already quite optimized to use,

because the more the number of HL, the lower the computing process; even in some cases, the computer cannot process them as in ANN 4 and ANN 5.

The fourth parameter, i.e. **momentum**, functions to accelerate the convergence of the algorithm by forcing the load change process to continue to move, so that not being trapped in a local minimum, resulting in the training process to be faster. However, the training time in this study was not recorded since not been the focus of study. The difference in accuracy with different momentum values is presented in Table 6.

Table 6. The Comparison between Accuracy and Different Momentum Values

Name	HL	LR	M	RMS	I	Overall accuracy (%)
ANN 1	1	0.001	0.5	0.0001	5000	81,81
ANN 17	1	0.001	0.9	0.0001	5000	**96,34**
ANN 3	1	0.001	0.5	0.0001	15000	94,58
ANN 6	1	0.001	0.9	0.0001	15000	**98,51**
ANN 11	2	0.01	0.5	0.001	10000	99,05
ANN 12	2	0.01	0.4	0.001	10000	**99,23**
ANN 18	1	0.001	0.5	0.0001	20000	96,16
ANN 20	1	0.001	0.9	0.0001	20000	**98,6**
ANN 19	2	0.001	0.5	0.0001	20000	74,72
ANN 21	2	0.001	0.9	0.0001	20000	**98,78**

Based on the observation on the results of simulations, the high value of learning rate required lower momentum, otherwise low value of learning rate required higher value of momentum to achieve optimal effectiveness and convergence during the training process. It can be seen from the simulation results of ANN 6, ANN 20, and ANN 21, in which the momentum, value of 0.9 in learning rate value of 0.001 was more optimal than the simulation using a momentum value of 0.5. While [11] give a rather good accuracy on the momentum value of 0.5.

The fifth parameter that affected the network was **root mean square (RMS) error**. RMS is the root mean square that occurs between the network output and target output. This study used two RMS values in simulations, i.e. 0.001 and 0.0001. From the test results, the highest accuracy on each combination occurred in RMS value of 0.0001. The analysis results of the entire simulation performed showed both the RMS values (0.001 and 0.0001) likely to yield better accuracy if the values of other network parameters (learning rate, hidden layers, iteration) were right through trial-and-error. The comparison of the accuracy, resulting in both RMS values is presented in the following Table 7

Table 7. The Comparison of Accuracy in Different RMS

Name	HL	LR	M	RMS	I	Overall accuracy (%)
ANN 9	1	0.01	0.5	0.001	10000	95,80
ANN 14	1	0.01	0.5	0.0001	15000	99,32

The number of iterations has a correlation with the value of the RMS. The small RMS error requires many iterations. Otherwise, the great RMS error requires fewer iterations, as proven by [13]. The same conclusion obtained in this study as described in the graphic of the results of simulations ANN 1 and ANN 2 (Figure 3).

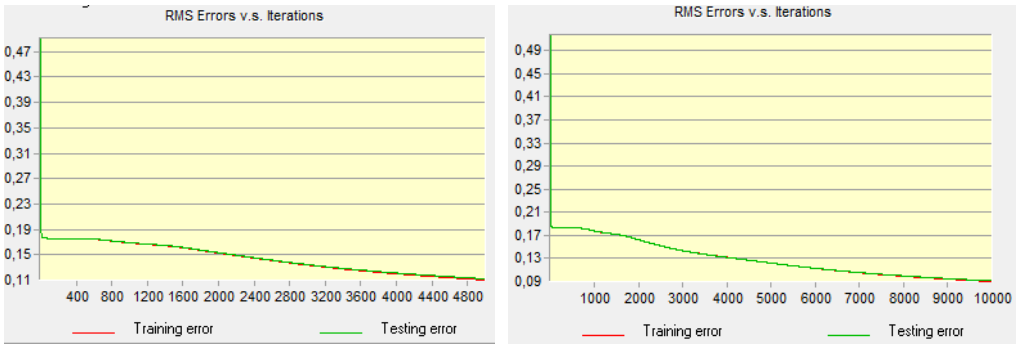


Figure 3. The Correlation between RMS Error and Iteration
(a) ANN 1; (b) ANN 2

Test results on 23 simulations showed the highest accuracy ANN 14 simulation with overall accuracy reaching 99,32 %. This resulting accuracy is higher than that produced by [19] in the land use classification using artificial neural networks which resulted in the training accuracy by 95%. An image of classificationof ANN 14 is shown in Figure 4 where distribution of erosion class in the research site was dominated by the following erosion classes, namely very severe erosion (34.22%) spreading across most of the area of Kokap Sub-district, Girimulyo Sub-district, and some of the area of Pengasih Sub-district; severe erosion (20.75%) spreading all over Panjatan Sub-district, Pengasih Sub-district, and Nanggulan Sub-district; moderate erosion (29.78%) spreading across Pengasih Sub-district, some of the area in Wates Sub-district, and Panjatan Sub-district; as well as slight erosion (10.81 %) and very slight erosion (4.46%) spreading all over Temon Sub-district and Wates Sub-district. The percentages of distribution for each erosion class are shown in the histogram presented in Figure 5

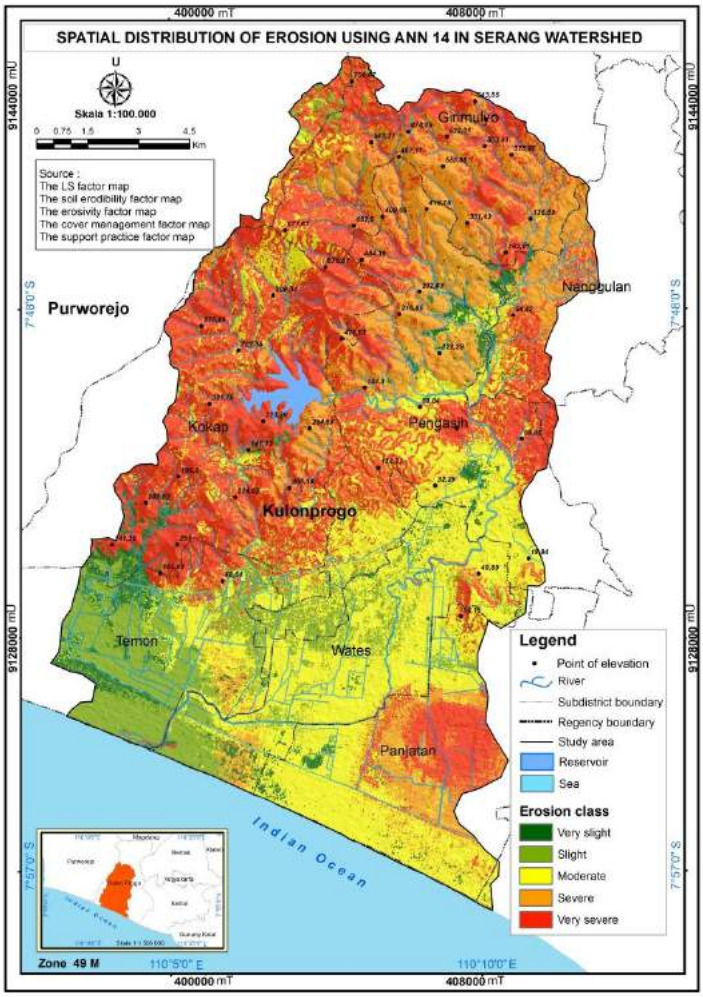


Figure 4. Map of spatial distribution of erosion (Analysis, 2016)

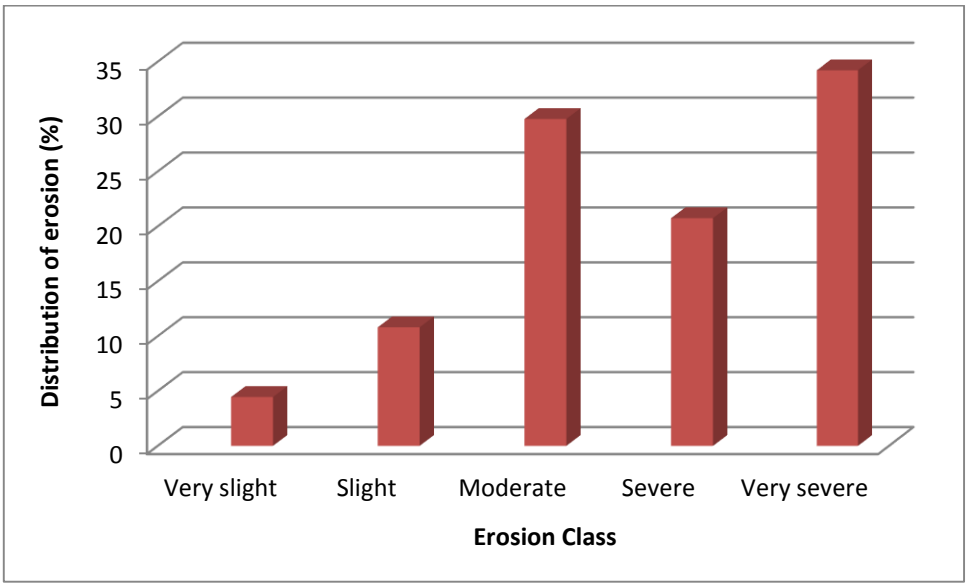


Figure 5. The Histogram for the Distribution of Erosion Classes According to the Results of the ANN 14 (Analysis, 2016)

Conclusion

The artificial neural network is effectively used for the classification of spatial data, although trained by the small number of samples. The complexity of data input can be understood well by the network while training with the accuracy of 99.32%. The most influential parameter in this study was the number of iterations although generally, the right combination among network parameters was also an important concern. The parameter of hidden layer did not have a significant effect on the level of accuracy.

Acknowledgement

The authors would like to thank National Institute of Aeronautics and Space, Indonesia, Meteorological Climate and Geophysics Agency for providing the data. Financial support from the Ministry of Research, Technology and Higher Education of the Republic of Indonesia, which has provided postgraduate scholarship in Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta and funding this Doctoral Dissertation Skim.

References

[1]. Arsyad S 1989 Konservasi Tanah dan Air Penerbit IPB Press Bogor

[2]. Bouaziz M, Leidig M, Gloaguen R 2011 Optimal Parameter Selection for Qualitative Regional Erosion Risk Monitoring: A Remote Sensing Study of SE Ethiopia. *Geoscience Frontiers* **2** (2) pp 237-245

[3]. Morgan R P C 1995 Soil Erosion and Conservation, 2nd Edition. Longman Group, Ltd., London, 198 p.

[4]. Parveen R, Kumar U 2012 Integrated Approach of Universal Soil Loss Equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for Soil Loss Risk Assessment in Upper South Koel Basin, Kharkhand. *J.Geographic Information System* **4** pp 588-596

[5]. Melchiorre C, Matteucci A, Azzoni A, Zanchi 2008 Artificial Neural Networks and Cluster Analysis in Landslide Susceptibility Zonation *Geomorphology* **94** pp 379-400

[6]. De la Rosa D, de la Mayol, F Lozano S 1999 An Expert System/Neural Network Model (impelERO) for Evaluating Agricultural Soil Erosion in Andalucia Region, Southern Spain. Agriculture, *Ecosystem and Environment* **73** pp 211-226

[7]. Kim M, Gilley J E 2008 Artificial Neural Network Estimation of Soil Erosion and Nutrient Concentrations in Runoff From Land Application Areas *Comput Electron Agric*. doi://10.1016/j.compag.2008.05.021

[8]. Pradhan B, Lee S, Buchroitner M F 2010 A GIS-Based Backpropagation Neural Network Model And Its Cross-Application and Validation for Landslide for Susceptibility Analyses. Computers *Environment and Urban Systems* **34** pp 216-235

[9]. Liu Q, Wu G, Chen J, Zhou G 2012 Interpretation Artificial Neural Network in Remote Sensing Image Classification. *IEEE*

[10]. Yuan H, C F Van Der Wiele, S Khoram 2009 An Automatad Artificial Neural Network System for Land Use/Land Cover Classification from Landsat TM Imagery *Remote Sens*. **1** (3) pp 243-265

[11]. Song H, Xu, Ma Y, Li G 2013 Classification of ETM+ Remote Sensing Image Based on Hybrid Algorithm of Genetic Algorithm and Backpropagation Neural Network *Hindawi Publishing Corporation, Mathematical Problems Engineering*

[12]. Conforti M, Pascale S, Robustelli G, Sdao F 2014 Evaluation of Prediction Capability of The Artificial Neural Networks for Mapping Landslide Susceptibility in The Turbolo River Catchment (northern Calabria, Italy) *Catena* **113** pp 236-250

[13]. Arif N, Danoedoro P 2013 An Analyze of Backpropagation Neural Network in The Identification of Critical Land Based on Alos Imagery *Proc. Int. Conf. on 34th Asian Conference on Remote Sensing*, Volume **1** pp 589-593
[14]. Fausett L 1994 Fundamentals Of Neural Networks: Architectures, Algorithms, and Applications, Prentice-Hall, New Jersey
[15]. Congalton R G, Green K 2009 Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices CRC Press
[16]. Chen Y R, Chen J W, Hsieh S C, Ni P N 2009 The Application of Remote Sensing Technology to The Interpretation of LU for Rainfall – Induced Landslide Based on Genetic Algorithm and Artificial Neural Network *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and remote Sensing*, Vol **2** No 2 pp 87-95
[17]. Wilson W R, Martinez T R 2001 The Need for Small Learning Rate on Large Problems. *Proceedings of The International Journal Conference on Netherlands* pp 115 – 119
[18]. Purnomo M H, Kurniawan A 2006 Supervised Neural Networks, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2006 (Text in Indonesia)
[19]. Chen Y R, Chen J W, Hsieh S C, Ni P N 2013 The Application of Remote Sensing Technology to The Interpretation of LU for Rainfall – Induced Landslide Based on Genetic Algorithm and Artificial Neural Network *IEEE Earth Observations and remote Sensing*, Vol **2** (2) pp 87-95

REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia, berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta yaitu Undang-Undang tentang perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra (tidak melindungi hak kekayaan intelektual lainnya), dengan ini menerangkan bahwa hal-hal tersebut di bawah ini telah tercatat dalam Daftar Umum Ciptaan:

I.	Nomor dan tanggal permohonan	:	EC00201702173, 18 Juli 2017
II.	Pencipta		
	Nama	:	**Nursida Arif**
	Alamat	:	Desa Tang, Kecamatan Bokat, Buol, SULAWESI TENGAH, 94563
	Kewarganegaraan	:	Indonesia
III.	Pemegang Hak Cipta		
	Nama	:	**Nursida Arif**
	Alamat	:	Desa Tang, Kecamatan Bokat, Kabupaten Buol, SULAWESI TENGAH, 94563
	Kewarganegaraan	:	Indonesia
IV.	Jenis Ciptaan	:	Karya Tulis
V.	Judul Ciptaan	:	**Integrasi Penginderaan Jauh dan SIG Berbasis Jaringan Saraf Tiruan untuk Penyusunan Model Prediksi Erosi Kualitatif di DAS Serang, Kulonprogo**
VI.	Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia	:	1 Juli 2015, di Yogyakarta
VII.	Jangka waktu perlindungan	:	Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.
VIII.	Nomor pencatatan	:	02923

Pencatatan Ciptaan atau produk Hak Terkait dalam Daftar Umum Ciptaan bukan merupakan pengesahan atas isi, arti, maksud, atau bentuk dari Ciptaan atau produk Hak Terkait yang dicatat. Menteri tidak bertanggung jawab atas isi, arti, maksud, atau bentuk dari Ciptaan atau produk Hak Terkait yang terdaftar. (Pasal 72 dan Penjelasan Pasal 72 Undang-undang Nomor 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta)

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
REPUBLIK INDONESIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL
u.b.
DIREKTUR HAK CIPTA DAN DESAIN INDUSTRI

Dr. Dra. Erni Widhyastari, Apt., M.Si.
NIP. 196003181991032001