

ANALISA LAJU SEBARAN *YIELD* SEDIMEN PADA DTA WADUK SAGULING DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN USLE-GIS

Juan Indra^{1,*}, Suharyanto¹

¹)Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jln. Prof. H.Soedarto, S.H. Tembalang, Kota Semarang 50275

^{*})Email: juanindra@students.undip.ac.id

Abstract

One of the issues that is still a problem in the upstream watershed, including the water catchment area of Saguling Reservoir, is land use change. Changes in land use in water catchment conservation areas into economic, industrial and residential areas, will cause an increase in run-off during the rainy season and sediment transport to the reservoir inlet, while changes in land use downstream of the reservoir will cause an increase in demand. Therefore, research is needed to determine the rate of increase in sediment yield that occurs in the watershed of the Saguling Reservoir. The integration of USLE and GIS allows us to determine the spatial distribution of parameters. Each factor in USLE is calculated using the existing facilities in the GIS software. The results showed that there was an increasing rate of sediment yield in the "Very Heavy" TBE category, while in the "Medium" TBE category the trend of sediment yields showed a downward trend.

Kata kunci : *usle, erosi, yield-sedimen, saguling, citarum, GIS*

PENDAHULUAN

Salah satu isu yang masih menjadi permasalahan pada bagian hulu DAS Citarum, termasuk di dalamnya Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Saguling, adalah perubahan tata guna lahan. Perubahan tata guna lahan pada daerah konversi tangkapan air menjadi kawasan ekonomi, industri dan pemukiman, akan menyebabkan peningkatan *run-off* saat musim penghujan dan angkutan sedimen menuju *inlet* waduk, sementara perubahan tata guna lahan di hilir waduk akan menyebabkan peningkatan *demand*.

Agaton et al (2016) dalam kajiannya menyebutkan bahwa DAS Citarum Hulu sangat terancam oleh

perubahan tata guna lahan karena urbanisasi yang masif, konversi hutan dan perluasan pertanian. Hasil penelitian lainnya yang dilakukan oleh Salim et al (2019), menunjukkan adanya perubahan yang signifikan dalam berbagai jenis tutupan lahan dari tahun 1997 hingga 2014. Luas Hutan menurun 41% antara 1997 dan 2005, dan 35% antara 2005 dan 2014. Dalam periode waktu yang sama, lahan pertanian meningkat sebesar 8% dan 2% dari tahun 1997 hingga 2005 dan dari tahun 2005 hingga 2014. Sementara itu lahan terbangun meningkat 100% antara 1997 dan 2005, dan 65% antara 2005 dan 2014. Lahan terbuka meningkat 56% antara 1997 dan 2005 tetapi menurun 15%

antara 2005 dan 2014. Tutupan lahan semak menurun sebesar 14% antara 1997 dan 2005 dan 4% antara 2005 dan 2014. Badan air menurun 12% antara 1997 dan 2005, dan 10% antara 2005 dan 2014.

Bera (2017) menjelaskan Erosi tanah secara sederhana dapat didefinisikan sebagai pelepasan dan pengangkutan tanah. Erosi tanah alami atau geoloGIS tidak terjadi pada tingkat yang konstan atau konsisten. Tanah semi-kering dan gersang, yang tidak memiliki penutup tanaman pelindung, dapat terkikis secara alami dengan kecepatan rata-rata 10-50 kali lebih besar daripada tanah iklim lembab.

Analisis tentang tingkat bahaya erosi penting dilakukan untuk mengetahui status erosi yang terjadi pada suatu daerah tangkapan air, apakah berada pada level rentan atau tidak rentan. Secara prinsip, pemodelan erosi adalah penggambaran secara matematik tentang proses penghancuran, perpindahan, dan deposisi partikel tanah di atas permukaan lahan. Pemodelan erosi tanah dapat digunakan sebagai alat untuk memprediksi kehilangan agregat tanah (Nearing, 1994). Persamaan *Universal Soil Loss Equation* (USLE) adalah suatu persamaan empiris yang paling banyak diterapkan untuk memperkirakan kehilangan tanah yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978).

Peramalan laju erosi dengan metode USLE umumnya

dikombinasikan dengan teknologi *Geographic Information System* (GIS). Integerasi USLE dan GIS merupakan perpaduan yang sangat baik dan efisien untuk menghitung kehilangan agregat tanah (Devatha et al., 2015). *GIS* memungkinkan kita untuk menentukan distribusi parameter secara spasial.

Setiap faktor pada USLE dihitung dengan menggunakan fasilitas yang ada pada perangkat lunak *GIS*, dengan data yang dibutuhkan untuk USLE umumnya adalah peta topografi, peta penggunaan lahan, peta tanah dan peta hujan. Peta hujan diperoleh dari interpolasi data hujan dari stasiun meteorologi (El Jazouli et al., 2017). Pendapat tersebut juga sesuai dengan Prayitno *et al.*, (2015), yang menyatakan metode USLE yang dikombinasikan dengan GIS sangat efisien untuk menghitung tingkat bahaya erosi pada wilayah yang luas, dimana akurasi metode USLE sangat tergantung pada, erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), indeks panjang dan kemiringan lereng (LS), jenis vegetatif (tanaman penutup tanah) dan teknik konservasi (CP). Sehingga penentuan parameter model USLE dengan menggunakan perangkat GIS akan dapat menentukan seberapa besar laju perubahan *yield* sedimen dan perubahan nilai Tingkat Bahaya Erosi (TBE) akibat perubahan tata guna lahan pada lokasi DTA Waduk Saguling.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di DAS Citarum bagian hulu, yang meliputi beberapa Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat, yaitu : Kab. Bandung Barat, Kab. Bandung, Kota Cimahi dan Kota Bandung. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Analisa nilai *yield* sedimen tahunan dan indentifikasi TBE pada suatu *catchment*, dapat dilakukan dengan mendapatkan dahulu parameter-parameter yang dibutuhkan. Parameter-parameter dalam melakukan estimasi nilai erosi tahunan yaitu : erosivitas hujan (R), Faktor Kemiringan lereng (LS), Erodibilitas Tanah (K) dan Penggunaan Lahan (CP). Nilai erosi lahan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$A = R \times LS \times K \times CP \quad (1)$$

Penyelesaian persamaan di atas dapat dipermudah dengan menggunakan aplikasi peta berbasis geospasial (GIS). Tahapan pelaksanaan penelitian ini dijelaskan melalui bagan pada Gambar 2.

Data hidrologi yang digunakan adalah data hujan harian yang berasal dari 11 Pos curah hujan (yang dikelola oleh UP Saguling), dengan panjang data 34 tahun (1986-2020 dan memiliki pengaruh pada *catchment* penelitian. Data hujan digunakan untuk menghitung nilai faktor erosivitas hujan (R). Perhitungan faktor R menggunakan persamaan :

$$R = \frac{2.5P^2}{100(0,073P+0,73)} \quad (2)$$

Dimana :

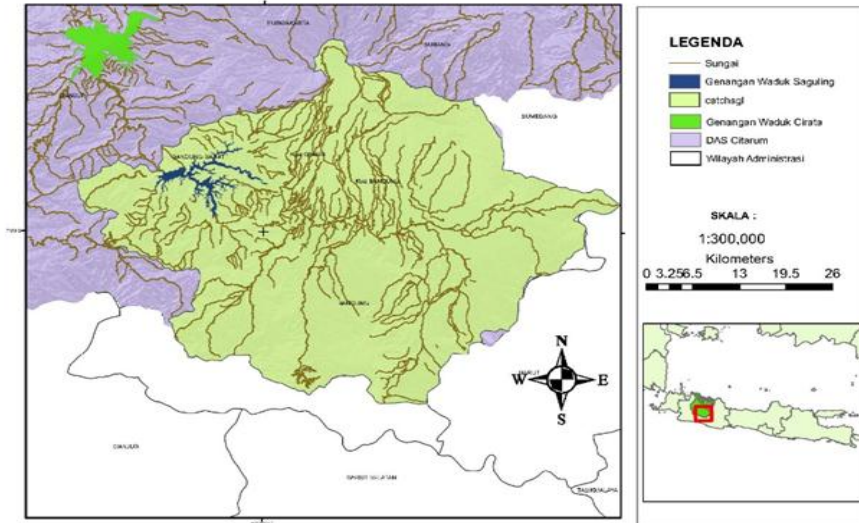
R = Indeks erosivitas hujan rata-rata
pertahun

P = curah hujan rata-rata tahunan

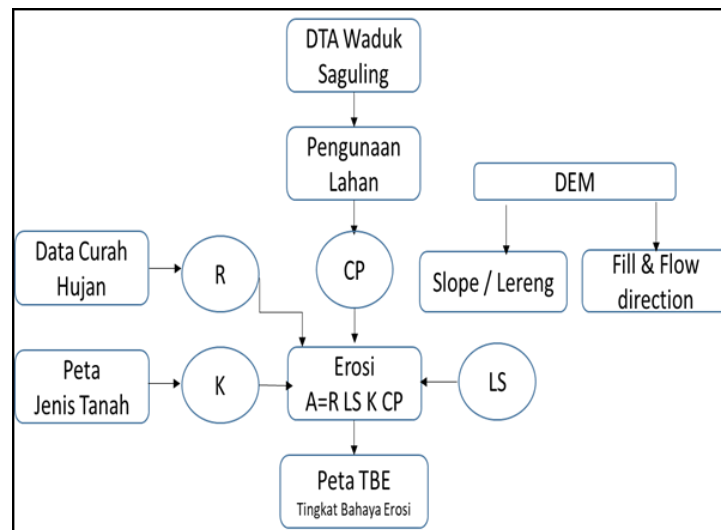
Erosivitas memiliki peran penting dalam menyebabkan terjadinya erosi. Sifat fisik hujan seperti tebal hujan, durasi hujan dan kecepatan jatuhnya hujan dapat mempengaruhi erosi. Erodibilitas tanah (K) menyatakan kepekaan suatu tanah terhadap erosi. Nilai erodibilitas suatu tanah ditentukan oleh ketahanan tanah terhadap daya rusak dari luar dan kemampuan tanah untuk menyerap air. Wischmeier dan Mannering (1969) menjelaskan bahwa erodibilitas alami tanah merupakan sifat kompleks yang tergantung laju infiltrasi tanah dan kapasitas tanah untuk bertahan terhadap penghancuran agregat serta pengangkutan oleh hujan dan aliran permukaan.

Negara tropis seperti Indonesia kekuatan jatuh air hujan dan kemampuan aliran permukaan mengerosi permukaan tanah adalah penghancur utama agregat tanah. Agregat tanah yang sudah hancur kemudian diangkut oleh aliran permukaan dan secara gravitasi sampai ke suatu titik pengendapan. Keseluruhan proses tersebut, mulai dari penghancuran agregat, pengangkutan partikel tanah dan pengendapan disebut erosi tanah. Besarannya nilai Faktor erodibilitas tanah diklasifikasikan berdasarkan

jenis tanah seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Tabel 1. Nilai Faktor K Berdasarkan Jenis Tanah

Tipe Tanah	Faktor K	Tipe Tanah	Faktor K
Tanah eutropik organik	0,301	Komplek tanah mediteran coklat dan litosol	0,323
Tanah hidromorphic alluvial	0,156	Komplek tanah menditeran dan grumosol	0,275
Tanah abu-abu alluvial	0,259	Komplek tanah menditeran coklat kemerahan dan litosol	0,188
Tanah alluvial coklat keabu-abuan	0,315	Latosol coklat	0,175
Alluvial abu-abu dan alluvial	0,193	Latosol coklat kemerahan	0,121

coklat keabu-abuan			
Kompleks tanah alluvial abu-abu dan tanah humic abu-abu	0,205	Latosol coklat hitam kemerahan	0,058
Kompleks tanah alluvial abu-abu dan tanah humic rendah abu-abu	0,202	Latosol coklat kekuningan	0,082
Komplek tanah hydromorfic abu-abu dan planosol coklat keabu-abuan	0,301	Latosol merah	0,075
Planosol coklat keabu-abuan	0,251	Latosol merah kekuningan	0,054
Komplek tanah litosol dan tanah mediteran merah	0,215	Kompleks latosol coklat dan regosol abu-abu	0,186
Regosol abu-abu	0,304	Kompleks latosol coklat dan kekuningan	0,091
Komplek regosol abu-abu dan litosol	0,172	Kompleks latosol coklat kemerahan dan latosol coklat	0,067
Regosol coklat	0,346	Kompleks latosol merah, latosol coklat kemerahan dan litosol	0,062
Regosol coklat kekuning-kuningan	0,331	Kompleks latosol merah dan latosol coklat kemerahan	0,061
Regosol abu-abu kekuning-kuningan	0,301	Kompleks latosol merah kekuningan, latosol coklat kemerahan dan latosol	0,064
Komplek regosol dan litosol	0,302	Komplek latosol coklat kemerahan dan litosol	0,075
Andosol coklat	0,278	Kompleks latosol merah kekuningan, latosol coklat podsolik merah kekuningan dan litosol	0,116
Andosol coklat kekuning-kuningan	0,223	Tanah podsolik kuning	0,167
Komplek andosol coklat dan regosol coklat	0,271	Tanah podsolik merah kekuningan	0,166
Komplek rensinas, litosol dan tanah hutan coklat	0,157	Tanah podsolik merah	0,158
Grumosol abu-abu	0,176	Komplek podsolik kuning dan tanah hydromorphic abu-abu	0,249
Grumosol abu-abu hitam	0,187	Komplek tanah podsolik kuning dan regosol	0,158
Komplek grumosol, regosol dan tanah mediteran	0,201	Komplek tanah podsolik kuning, podsolik merah kekuningan dan regosol	0,175

Nilai faktor dan kemiringan lereng LS dapat ditentukan dengan analisa DEM (*Digital Elevation Model*) menggunakan tool ArcGIS. Data raster yang digunakan dalam analisa faktor LS adalah *Flow Accumulation*,

Cellsize dan *Slope* mengadopsi pendekatan pada penelitian yang dilakukan oleh El Jazouli et al (2017). Persamaan yang digunakan untuk menentukan faktor LS adalah :

$$LS = \frac{(Flow\ Accumulation \times\ Cellsize)^{0,4}}{22,13} \times \frac{(\sin\ slope)^{1,3}}{0,0896} \quad (3)$$

Vegetasi tanaman dan tindakan konservasi tanah (CP) merupakan faktor penting dalam menentukan besarnya erosi. Hal ini disebabkan faktor CP merupakan faktor yang dapat dikendalikan oleh manusia. Vegetasi sangat penting dalam mengurangi laju erosi. Kanopi dari vegetasi sangat baik dalam mengurangi besarnya daya hancur hujan, sedangkan akar dan batang vegetasi dapat membantu mengikat tanah dan air, sehingga akan mengurangi laju erosi. Nilai faktor *C* dan *P* dapat digabung menjadi faktor *CP* yang ditentukan berdasarkan jenis tutupan tanaman dan tipe konservasi lahan. Tutupan lahan pada penelitian ini terdiri atas beberapa tahun data yaitu : 1994, 1997, 2001, 2005, 2009 dan 2019, yang masing-masing akan dianalisa nilai *CP* nya. Nilai *CP* pada penelitian ini diperoleh dari pendekatan hasil penelitian terdahulu (Taslim et al., 2019), terhadap berbagai jenis penutupan lahan di Pulau Jawa pada jenis penutupan lahan yang sama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

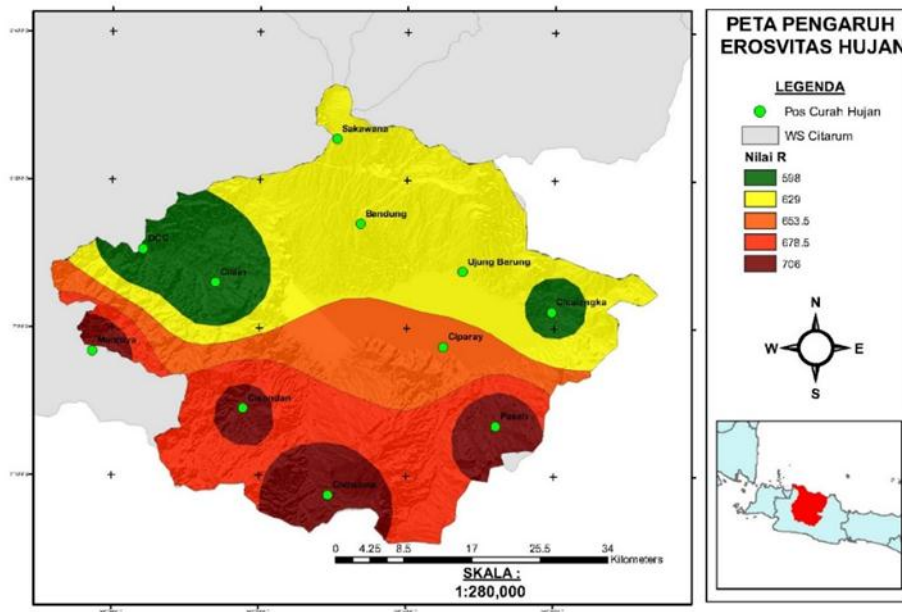
Erosivitas Hujan

Erosivitas hujan dihitung dengan menggunakan persamaan (2), erosivitas hujan yang dihasilkan pada tiap stasiun hujan kemudian dihitung

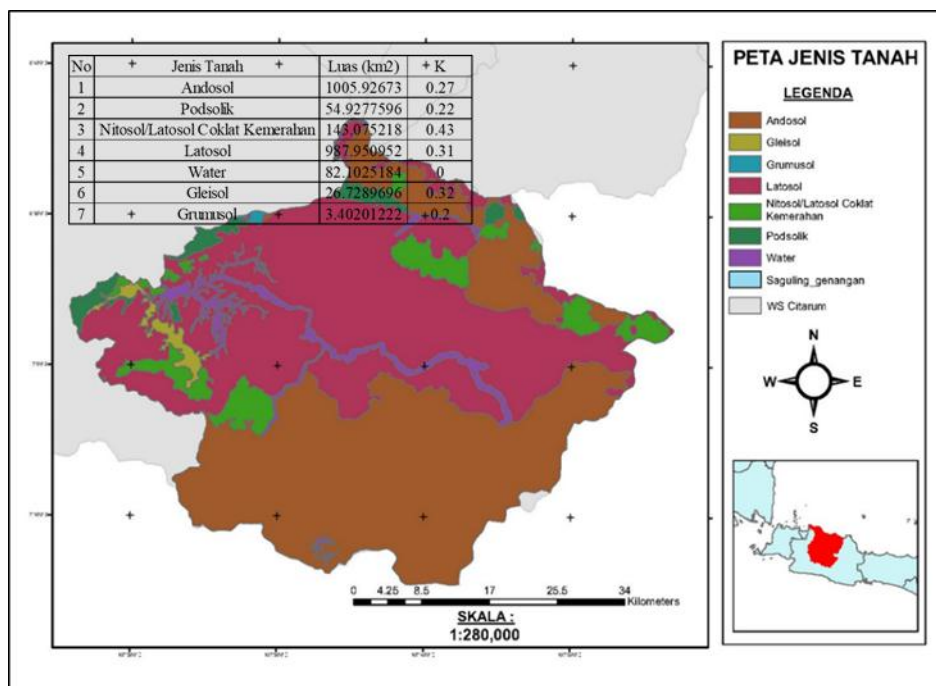
hubungannya dengan cara melakukan interpolasi IDW dengan menggunakan aplikasi GIS. Berdasarkan hasil perhitungan nilai *R* berkisar antara 598 mm/tahun -706 mm/tahun. Jika dilihat sebarannya nilai *R* lebih tinggi terjadi pada daerah hulu dari DTA (653 mm/tahun – 706 mm/tahun), sedangkan pada daerah hilir nilai *r* relatif lebih rendah dengan kisaran nilai 558 mm/tahun-629 mm/tahun. Sebaran erosivitas hujan pada daerah penelitian ditunjukkan oleh Gambar 3.

Faktor Erodibilitas tanah

Terdapat 6 jenis tanah yaitu : Andosol, Podsolik, Nitosol, Latosol, Gleisol dan Grumsol, dimana Jenis tanah Andosol dan Latosol adalah yang terbanyak, dengan luasan masing-masing 1005,92 km² dan 987,95 km². Jenis tanah Leisol adalah yang paling sedikit pada DTA Saguling ini dengan luasan hanya 3,4 km², sedangkan Podsolik dan Gleisol masing-masing luasnya 54,92 km² dan 26,72 km². Setiap jenis lapisan tanah yang tersebar pada daerah penelitian memiliki faktor *K* yang berbeda-beda. Nilai faktor *K* dari setiap jenis tanah diperoleh berdasarkan Tabel 1. Sebaran jenis tanah dan nilai faktor *K* daerah penelitian ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 3. Peta Erosivitas Hujan



Gambar 4. Peta Erodibilitas Tanah

Faktor Kemiringan Lereng (LS)

Faktor kemiringan lereng (LS) dihitung dengan menggunakan persamaan (3). Seluruh Proses perhitungan dilakukan dengan tool GIS. Parameter-parameter faktor LS merupakan hasil produk dari

Digital Elevation Model (DEM) file berformat tif, yang dibangkitkan menjadi data raster *Slope* dan *flow Accumulation*. Sebaran dan nilai faktor LS ditunjukkan pada Gambar 5.

Faktor Pengelolaan Tanaman dan Tindakan Konservasi (CP)

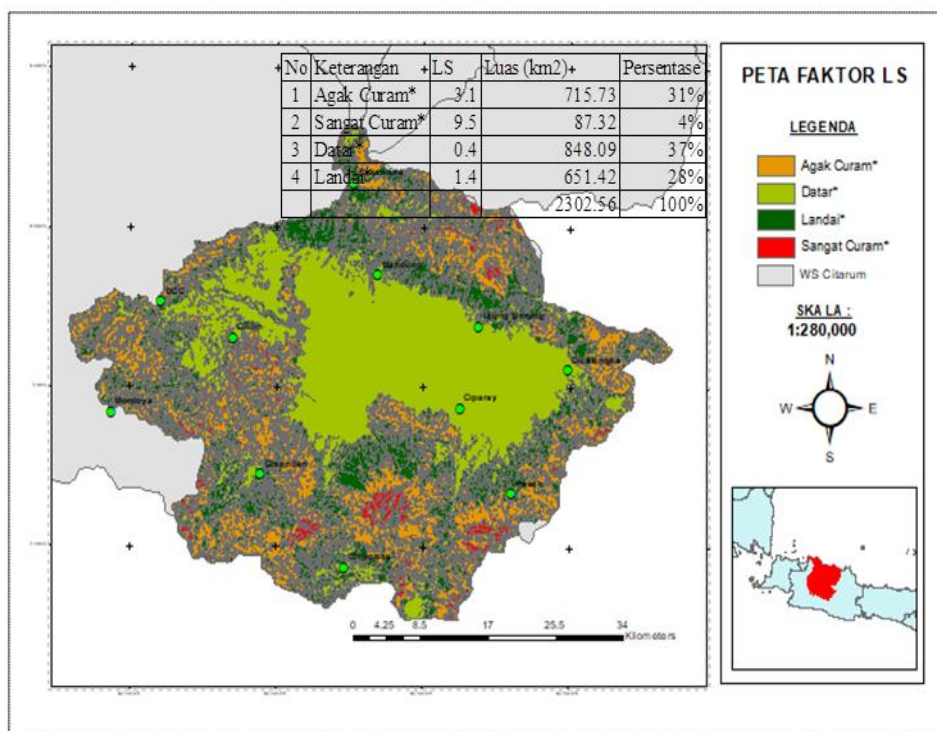
Pemberian Nilai *CP* didasarkan pada data tata guna lahan tahun yang tersedia yaitu : 1994, 1997, 2001, 2005, 2009 dan 2019. Nilai Faktor *CP* berkisar antara 0-1, dimana semakin mendekati 0, berarti tindakan pengelolaan dan konservasi lahan semakin bagus. Demikian juga sebaliknya semakin mendekati nilai 1 tindakan pengelolaan dan konservasi lahan semakin buruk. Nilai faktor *CP* dan sebaran tata guna lahan, setiap tahun data yang tersedia, di lokasi DTA Saguling ditunjukkan pada Gambar 6-11.

Erosi Lahan/ Yield Sedimen DTA Saguling

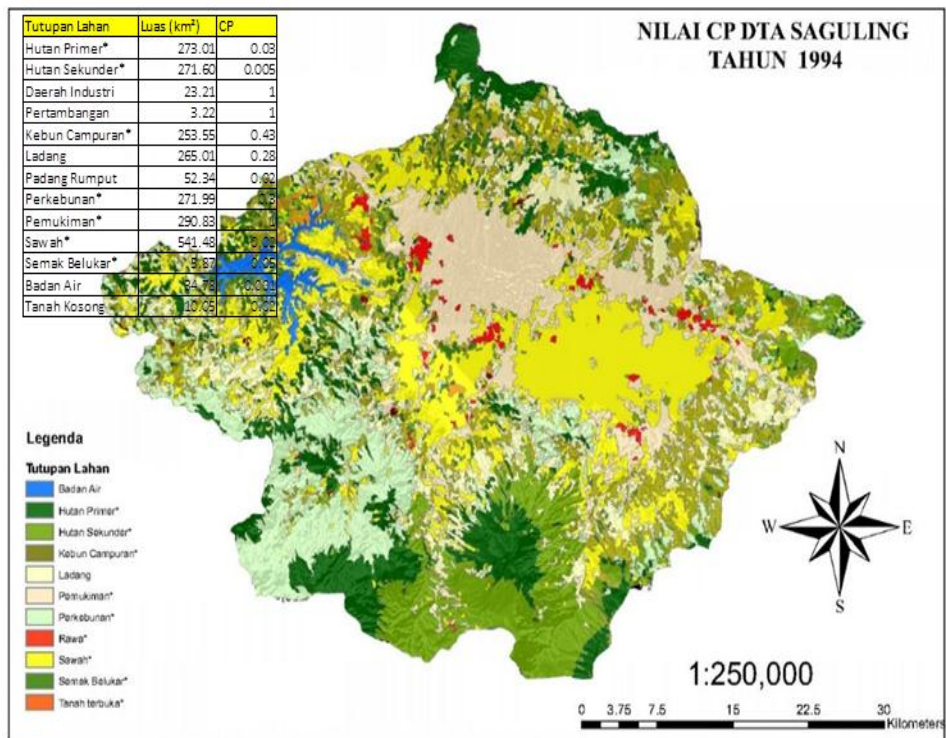
Yield sedimen pada daerah penelitian dihitung dengan menggunakan

persamaan (1), dengan mengalikan seluruh parameter. Dengan enam nilai *CP* yang berbeda, berdasarkan tahun pengelolaan dan konservasi lahan, terdapat enam nilai *yield* sedimen pada daerah penelitian. Rerata *Yield* sedimen per tahun data yaitu : 14,03 ton/ha, 14,44 ton/ha, 19,06 ton/ha, 19,64 ton/ha, 13,71 ton/ ha dan 15,71 ton/ha. Besaran nilai *yield* sedimen diklasifikasikan kedalam kelas Tingkat Bahaya Erosi (TBE) ditunjukkan dalam Gambar 12.

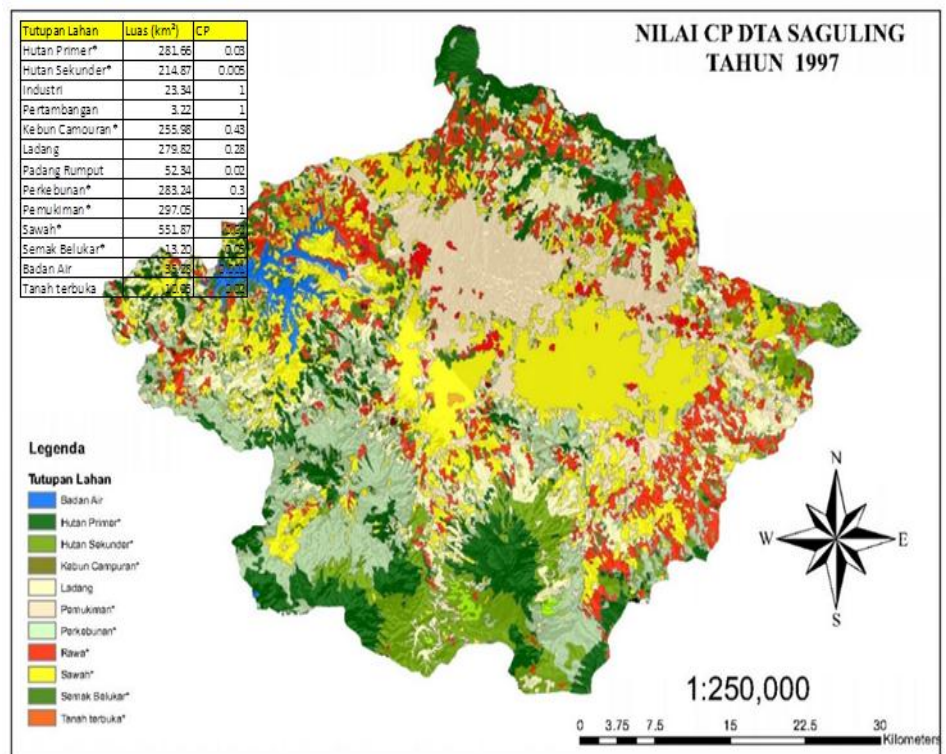
Berdasarkan hasil analisis, terdapat laju kenaikan *yield* sedimen pada kategori sangat berat, sedangkan pada kategori sedang tren laju *yield* sedimen menunjukkan kecenderungan menurun. Perbandingan sebaran TBE setiap tahun data ditunjukkan pada Gambar 13-15.



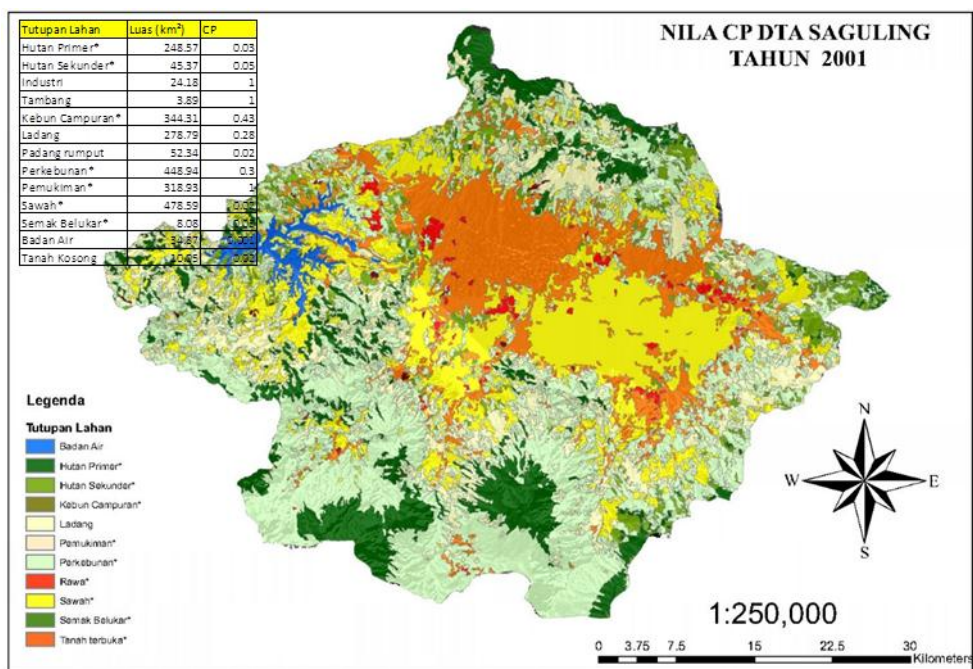
Gambar 5. Sebaran Faktor LS DTA Waduk Saguling



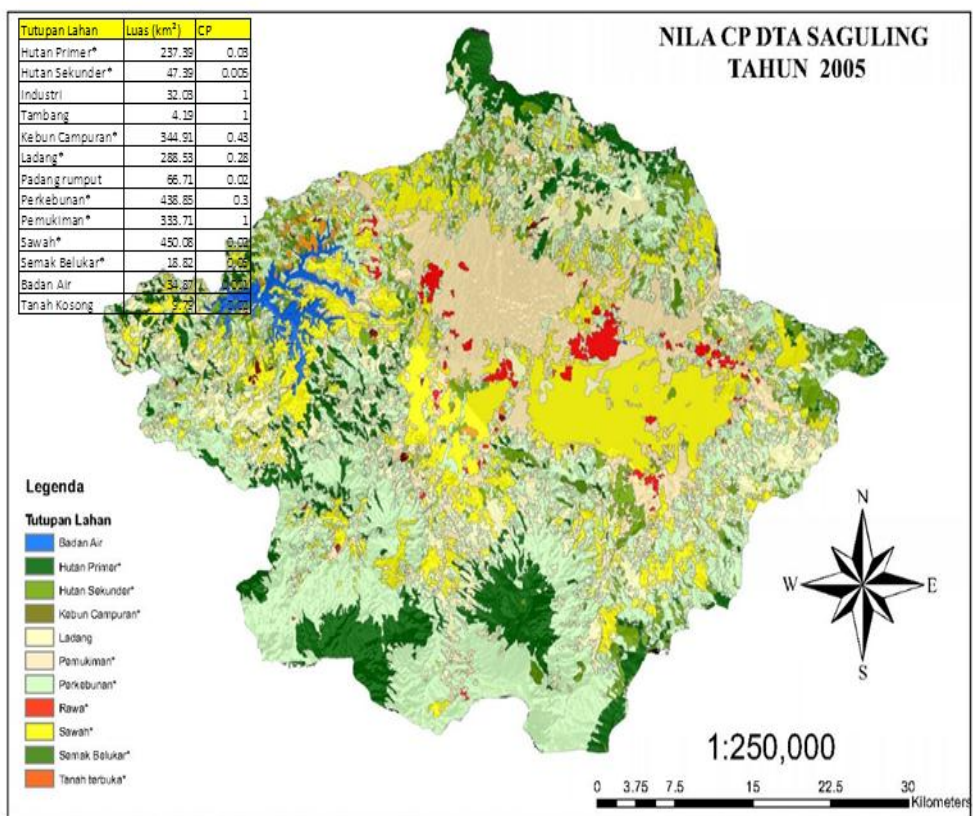
Gambar 6. Nilai CP DTA Saguling Tahun 1994



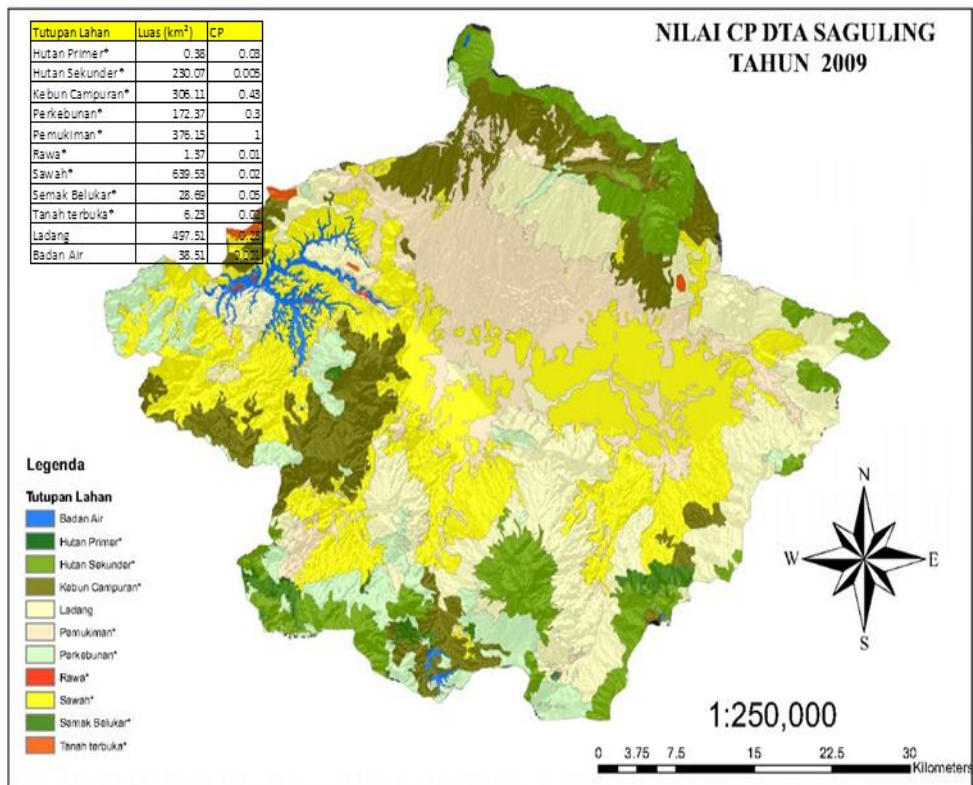
Gambar 7. Nilai CP DTA Saguling Tahun 1997



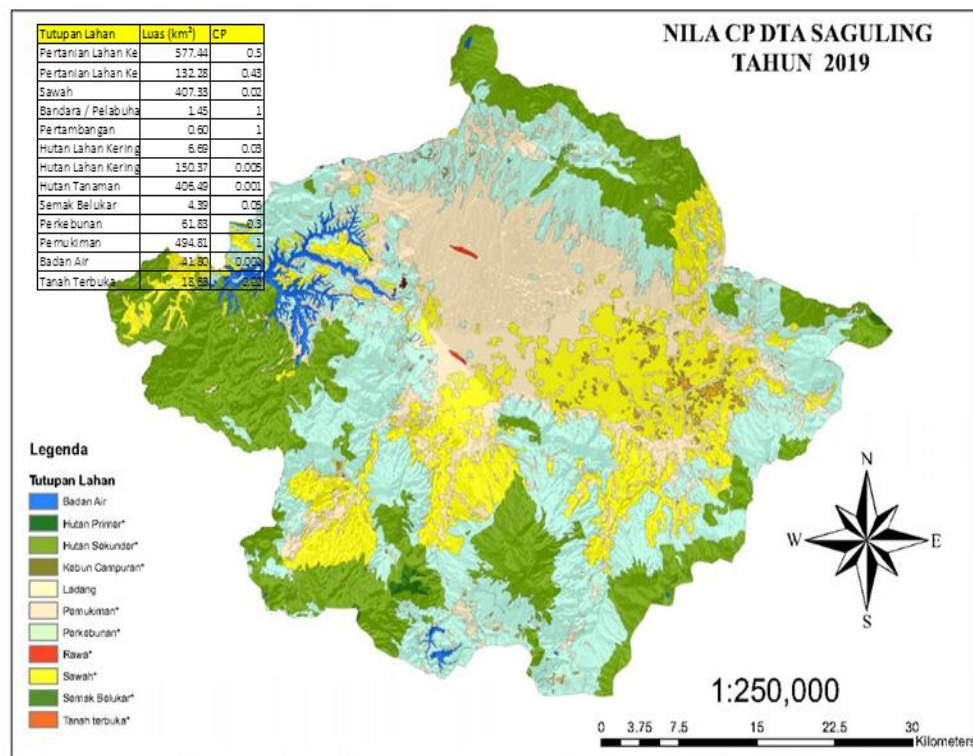
Gambar 8. Nilai CP DTA Saguling Tahun 2001



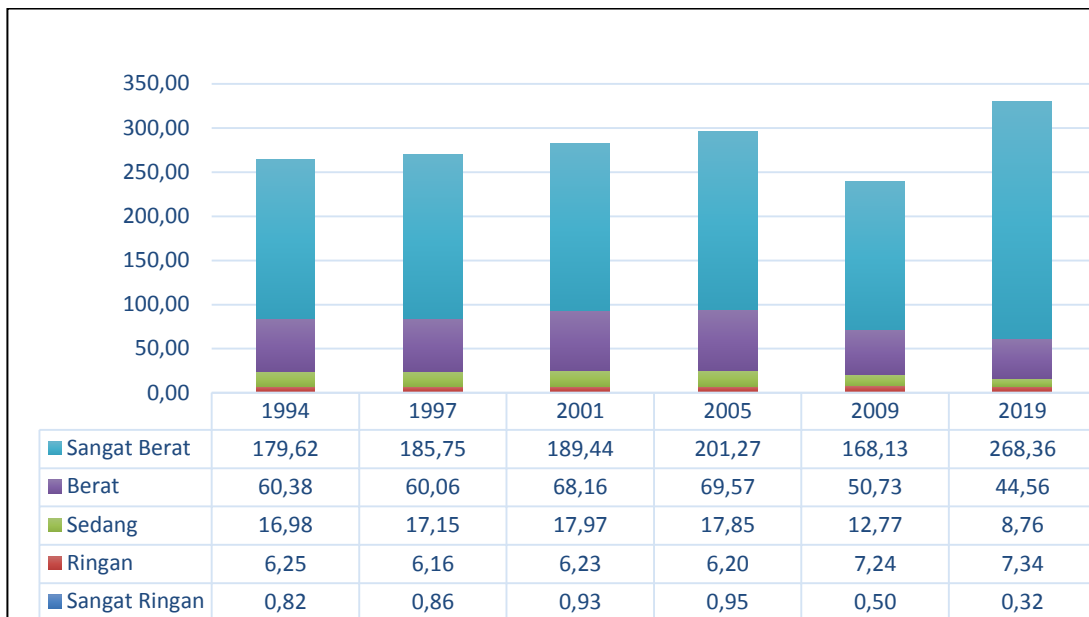
Gambar 9. Nilai CP DTA Saguling Tahun 2005



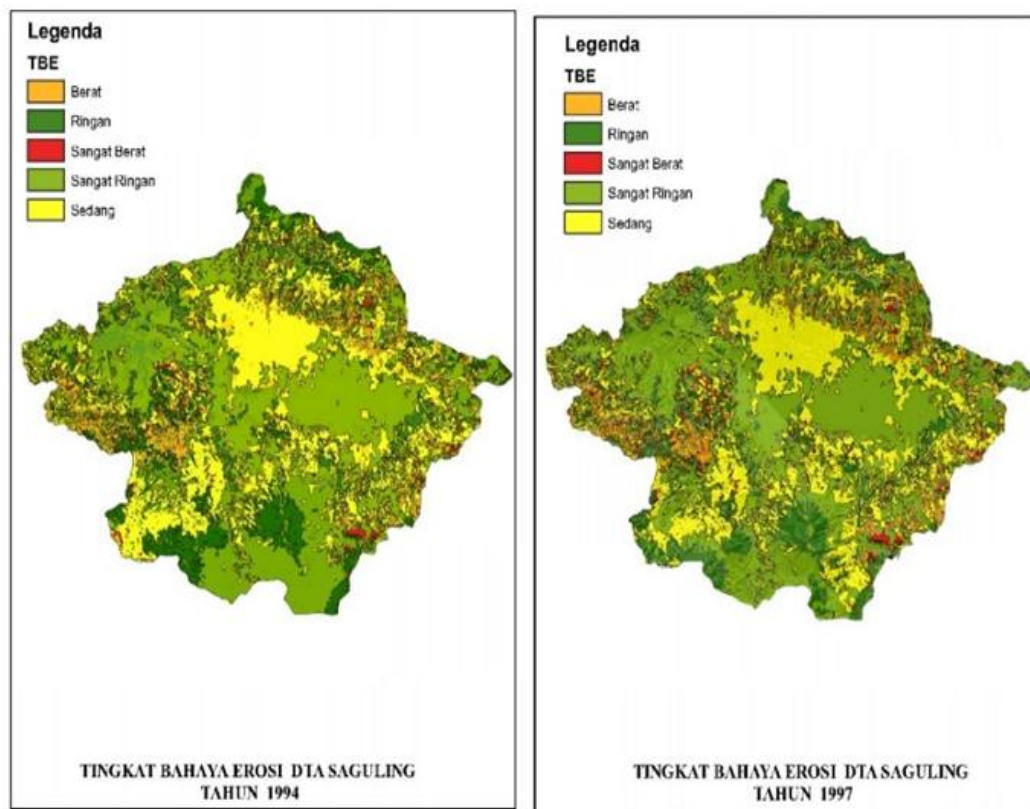
Gambar 10. Nilai CP DTA Saguling Tahun 2009



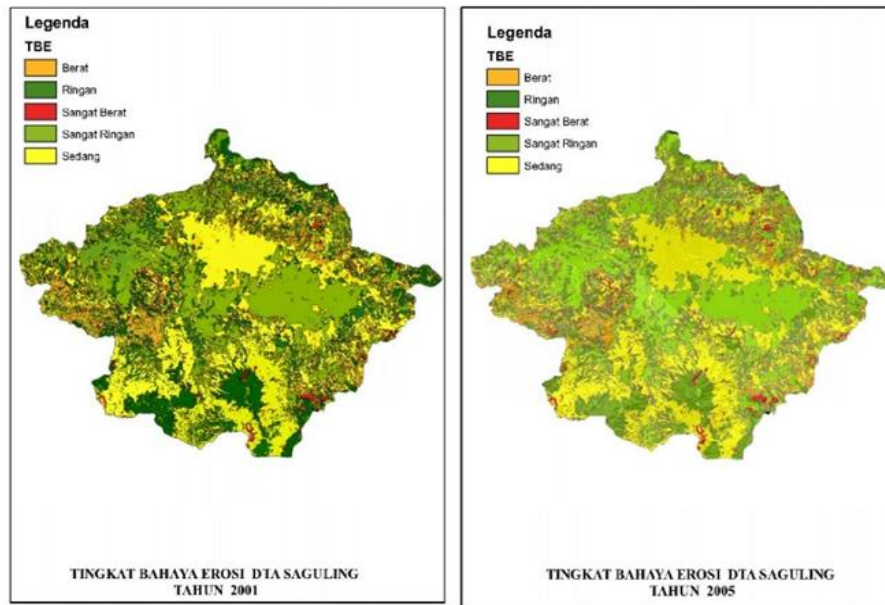
Gambar 11. Nilai CP DTA Saguling Tahun 2019



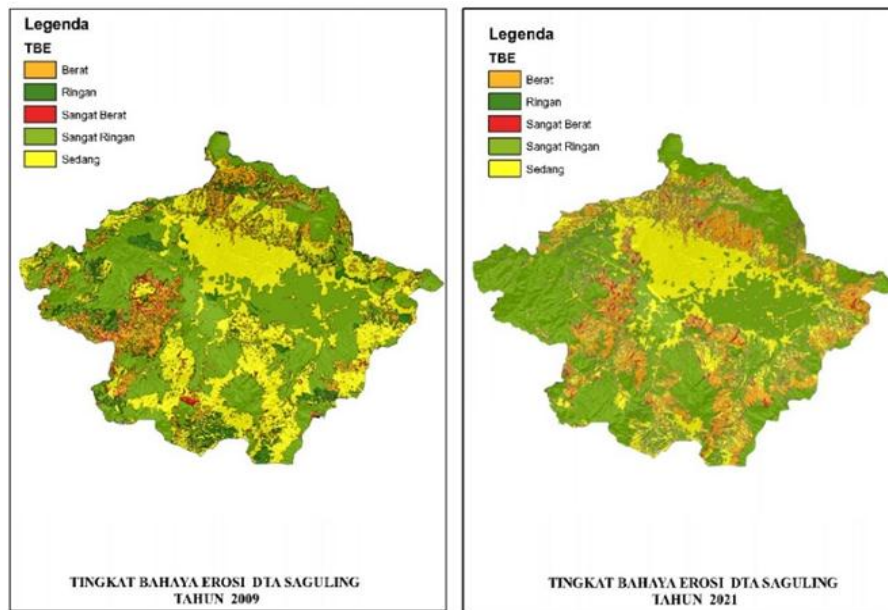
Gambar 12.TBE DTA Waduk Saguling Tiap Tahun Data



Gambar 13. TBE DTA Saguling Tahun 1994 dan 1997



Gambar 14. TBE DTA Saguling Tahun 2001 dan 2005



Gambar 15. TBE DTA Saguling Tahun 2009 dan 2019

SIMPULAN

Kajian *yield* sedimen/ erosi pada Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Saguling menghasilkan beberapa kesimpulan bahwa nilai erosivitas hujan R berkisar antara 598 mm/tahun -706 mm/tahun. Jenis tanah pada lokasi penelitian yaitu: Andosol,

Podsolik, Nitosol, Latosol, Gleisol dan Grumsol, yang didominasi oleh latosol dan andosol dengan nilai K rerata ± 0,3 sedangkan perubahan tata guna lahan sangat signifikan berpengaruh terhadap nilai CP pada lokasi penelitian. Terdapat adanya laju kenaikan *yield* sedimen pada kategori TBE “Sangat

Berat”, sedangkan pada kategori TBE “Sedang” tren laju *yield* sedimen menunjukkan kecenderungan menurun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan bagian dan diolah dari Laporan Penelitian Tesis penulis di Universitas Diponegoro Semarang. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Ir. Suseno Darsono, M.Sc yang telah memberikan bimbingan, saran dan masukan selama pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agaton, M., Setiawan, Y., & Effendi, H., 2016, Land Use/Land Cover Change Detection in an Urban Watershed: A Case Study of Upper Citarum Watershed, West Java Province, Indonesia.
- Bera, A., 2017, Estimation of Soil loss by USLE Model using GIS and Remote Sensing techniques: A case study of Muhuri River Basin, Tripura, India. *EURASIAN JOURNAL OF SOIL SCIENCE (EJSS)*, 6(3), 206–206.
- Devatha, C.P., Deshpande, V., & Renukprasad, M.S., 2015, Estimation of Soil loss Using USLE Model for Kulhan Watershed, Chattisgarh- A Case Study. *Aquatic Procedia*, 4, 1429–1436.
- El Jazouli, A., Barakat, A., Ghafiri, A., El Moutaki, S., Eттаqy, A., & Khellouk, R., 2017, Soil erosion modeled with USLE, GIS, and remote sensing: a case study of Ikkour watershed in Middle Atlas (Morocco). In *Geoscience Letters* (Vol. 4, Issue 1). SpringerOpen.
- Salim, A.G., Dharmawan, I.W.S., & Narendra, B.H., 2019, Pengaruh Perubahan Luas Tutupan Lahan Hutan Terhadap Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*.
- Taslim, R.K., Mandala, M., & Indarto, I., 2019, Prediksi Erosi di Wilayah Jawa Timur. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 323.
- Nearing, M.A., 1994, Detachment of Soil by Flowing Water Under Turbulent and Laminar Conditions. *Soil Science Society of America Journal*
- Prayitno, J.S. Tasirin, M.Y.M.A. Sumakud, dan J.A. Rombang, 2015, Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) Dalam Pengklasifikasian Bahaya Erosi Pada DAS Talawaan. *Jurnal Ilmiah Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi*. 6(11):1-8
- Wischmeier, W.H dan D.D. Smith, 1978, Predicting Rainfall Erosion Losses A Guide to Conservation Planning. Washington DC: Goovernment Printing Office.