



Analisis Tingkat Bahaya Erosi Daerah Hulu dan Hilir menggunakan Pendekatan *Universal Soil Lost Equation (USLE)* pada Sebagian Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang, Kota Semarang, Jawa Tengah

Eva Cintia Purba^{1*}, Lia Suryani¹, Andrian Nur Habib Mustofa¹, Hayat Syafe'i¹

¹Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Profesor H. Soedarto Sarjana Hukum, Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275

Abstrak

Perubahan zaman berdampak pada perubahan penggunaan lahan sehingga mengakibatkan laju erosi yang semakin besar pada permukaan tanah maupun dasar perairan. Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang perlu dilakukan perhitungan Tingkat Bahaya Erosi (TBE) meninjau kepada posisinya yang berada di pusat ibukota Provinsi Jawa Tengah. Data penelitian diperoleh dengan melakukan observasi lapangan secara langsung, pengolahan data DEM, peta tata guna lahan daerah Semarang serta data sekunder penelitian terdahulu. Data tersebut diinput untuk perhitungan TBE pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang menggunakan pendekatan *Universal Soil Lost Equation (USLE)*. Hasil perhitungan menunjukkan tingkat bahaya erosi DAS Garang pada area hulu sebesar 113,19 ton/ha/tahun, sedangkan tingkat bahaya erosi pada area hilir sebesar 49,34 ton/ha/tahun. Berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan pada area hulu memiliki tingkat bahaya erosi yang sedang namun pada area hilir memiliki tingkat bahaya erosi yang ringan. Adanya perbedaan tingkat kemiringan, pengolahan vegetasi dan konservasi lahan (tata guna lahan), serta jenis tanah pada masing-masing area hulu dan hilir DAS Garang mengakibatkan perbedaan tingkat erosi tersebut.

Kata kunci: DAS Garang; tingkat bahaya erosi; USLE.

Abstract

Changing times have an impact on changes in land use, resulting in a greater rate of erosion on the surface of the land and water bottom Garang Watershed requires Erosion Hazard Level (EHL) regarding to its position that is in the centre of Central Java capital city. The research data were obtained by conducting direct field observations, DEM data processing, Semarang Land Use map and secondary data from previous studies. The data are the input for EHL calculation by applying the approach of Universal Soil Lost Equation (USLE). The calculation results show the erosion hazard level of the Garang Watershed in the upstream area is 113.19 tons / ha / year while the erosion hazard level in the Downstream area is 49.34 tons / ha / year. Based on the calculation results, the upstream area has a moderate level of erosion danger, but the downstream area has a mild level of erosion hazard. Differences in slope levels, vegetation management and land conservation (land use), as well as soil types in each of the upstream and downstream areas of the Garang Watershed result in different levels of erosion.

Keywords: Garang Watershed; danger level of erosion; USLE.

* Korespondensi: evacintiapurba@students.undip.ac.id

PENDAHULUAN

Dengan perkembangan zaman yang semakin maju sejalan dengan peningkatan kebutuhan manusia sebagai akibat pertambahan penduduk, maka kebutuhan lahan pun juga semakin bertambah. Sebagai akibatnya penduduk terpaksa membuka lahan baru untuk mengatasi permasalahan tersebut. Hal tersebut menyebabkan area konservasi semakin berkurang sehingga kemampuan akar tumbuhan untuk mengikat partikel tanah juga berkurang. Kurangnya kemampuan akar tumbuhan untuk mengikat tanah, maka proses erosi menjadi intensif dikarenakan tanah mudah terkikis dan terangkut oleh air hujan.

Kebutuhan penduduk dalam pembukaan lahan serta adanya perbedaan dalam manajemen konservasi lahan terutama pada area hulu dan hilir pada daerah penelitian menyebabkan adanya perbedaan tingkat bahaya erosi dari area-area tersebut. Maka, untuk mengetahui besaran tingkat erosi pada area hulu dan hilir pada daerah penelitian dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan empiris berupa metode USLE. Metode ini merupakan salah satu metode paling umum digunakan untuk memprediksi erosi jangka panjang dari erosi lembar atau *sheet erosion* serta erosi alur dengan kondisi tertentu (Suripin, 2001).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran tingkat erosi yang terjadi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang tepatnya pada area hulu dan hilir serta analisis faktor yang mempengaruhi perbedaan besaran tingkat erosi pada area-area tersebut.

Kajian Pustaka

Erosi adalah terangkutnya lapisan tanah atau sedimen karena tekanan yang ditimbulkan gerakan angin atau air pada permukaan tanah atau dasar perairan (Poerbandono dkk., 2006). Untuk daerah DAS, laju erosi dikendalikan oleh kecepatan aliran air dan karakteristik sedimennya. Faktor eksternal yang menimbulkan erosi antara lain adalah curah hujan serta aliran air pada lereng das. Untuk curah hujan yang tinggi dan lereng DAS yang curam merupakan factor utama dalam peningkatan erosi.

Tingkat Bahaya Erosi (TBE) merupakan perkiraan jumlah tanah yang hilang maksimum yang akan terjadi pada suatu lahan apabila pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi tanah tidak mengalami perubahan. Terdapat lima

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi (Departemen Kehutanan, 1998)

Tingkat Erosi (ton/ha/tahun)	Kelas
<15	Sangat Ringan
16-60	Ringan
60-180	Sedang
180-480	Berat
>480	Sangat Berat

tingkatan erosi yang telah ditunjukkan pada Tabel 1.

Analisis TBE secara kuantitatif dapat menggunakan rumus *universal soil loss equation* (USLE) yang dirumuskan oleh Wischmeier dan Smith (1978). Secara sistematis, model USLE dinyatakan dengan:

$$E = R \times K \times LS \times C \times P$$

Adapun parameter-parameter yang dipakai pada perhitungan tingkat erosi pada persamaan USLE (Wischmeier dan Smith, 1978), yaitu:

1. Indeks Erosivitas Hujan (R)

Indeks erosivitas hujan (R) merupakan tingkat erosi akibat daya curah hujan yang datanya dapat diperoleh dari stasiun curah hujan otomatis. Untuk mencari nilai indeks erosivitas hujan (R) dapat menggunakan persamaan:

$$R = 0,01 \sum_i (916 + 331 \log i)$$

dengan *i* adalah intensitas hujan dalam mm/tahun atau inchi/jam.

2. Indeks Erodibilitas Tanah (K)

Indeks erodibilitas tanah (K) merupakan kemampuan untuk menahan dari partikel tanah terhadap erosi. Nilai K tergantung pada tekstur dari penyusun tanah ataupun stabilitas dari agregat tanah pada lokasi penelitian. Untuk beberapa jenis tanah di Indonesia dapat diperoleh dari Dinas RLKT, Departemen Kehutanan.

3. Indeks Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Faktor LS dapat diperoleh dari peta persentase kemiringan lahan (S) yang dihasilkan dengan menggunakan peta elevasi *Digital Elevation Models* (DEM).

Untuk nilai LS dapat diolah menggunakan persamaan:

$$LS = 0,2s^{1,33} + 0,1$$

dengan *s* adalah nilai tengah atau *median* dari persentase kelerengan pada daerah penelitian.

4. Indeks Penutupan Vegetasi (C) dan Tindakan Konservasi (P)

Indeks penutupan vegetasi (C) dan Tindakan konservasi (P) merupakan faktor pengolahan tanaman dan konservasi lahan yang mana berpengaruh terhadap tingkat erosi. Nilai CP dapat diperoleh berdasarkan pengolahan tata guna lahan pada daerah penelitian.

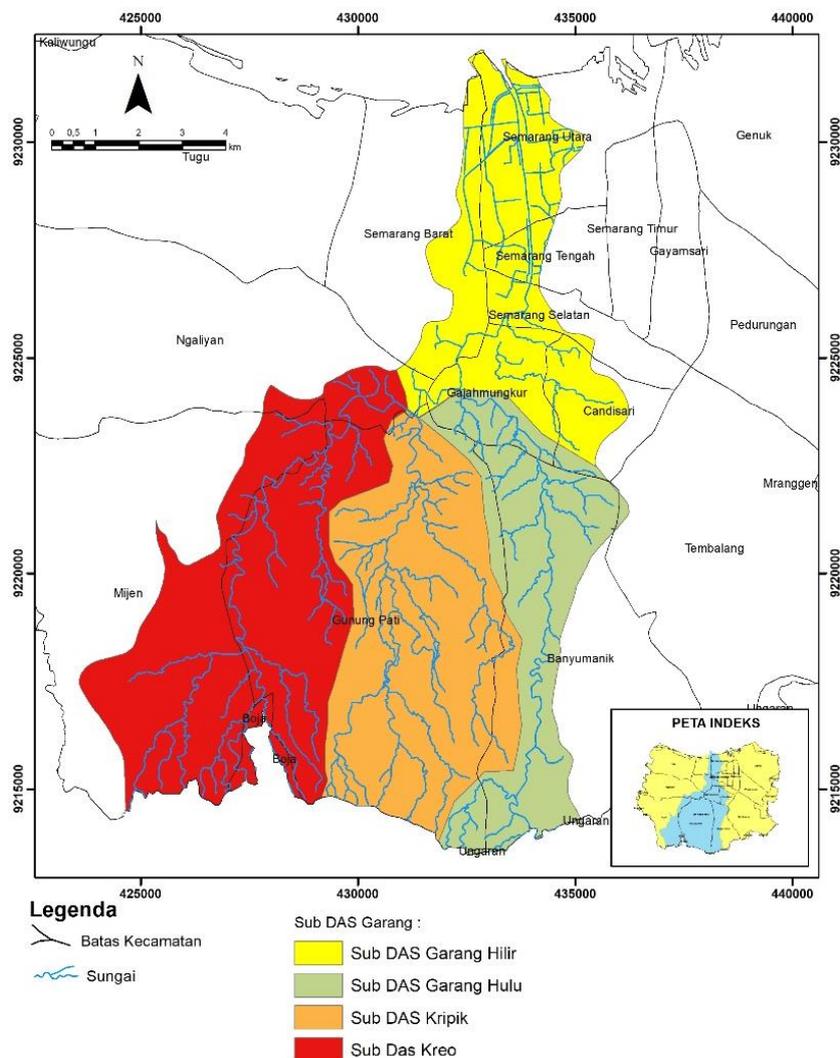
Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di sebagian Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang yang masuk di wilayah Kota Semarang, Jawa Tengah (Gambar 1). Terdapat empat (4) Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang, yaitu Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang Hilir, Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang Hilir, Sub Daerah Aliran

Sungai (DAS) Garang Hulu, Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Kripik, dan Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Kreo Untuk daerah penelitian dibagi menjadi dua wilayah, yaitu Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang bagian hulu yang terdiri dari Sub DAS Garang Hulu, Sub DAS Kripik, dan Sub DAS Kreo dan bagian hilir terdiri dari Sub DAS Garang Hilir saja.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada sebagian wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang yang berada di Kota Semarang, Jawa Tengah. Terdapat beberapa tahap penelitian yang dilakukan, yaitu: pengumpulan data, pengolahan data, dan analisis data.



Gambar 1. Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa data hasil dari studi pustaka dan pencarian melalui media internet, diantaranya :

- a. Data curah hujan tahun 2019.
- b. Data DEM SRTM Pulau Jawa yang didapatkan dari sumber, yaitu www.srtm.csi.cgiar.org (diakses pada Jum'at, 10 April 2020 pukul 10.35 PM).
- c. Data tataguna lahan yang berasal dari Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Kota Semarang yang didapatkan dari Ina-Geoportal yang merupakan open source yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial (BIG).
- d. Data jenis tanah yang didapatkan dari Badan Pertanahan Nasional (BPN) Provinsi Jawa Tengah.

Pengolahan data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *ArcMap 10.5* dan *Microsoft Excel*. Pengolahan spasial menggunakan *ArcMap 10.5* digunakan untuk melakukan pembuatan peta persebaran tata guna lahan, peta persebaran jenis tanah, peta kelerengan, dan peta persebaran tingkat erosi. Pengolahan dengan menggunakan *Microsoft Excel* digunakan dalam perhitungan erosivitas hujan yang mana data-data tersebut akan digunakan sebagai parameter dalam perhitungan erosi Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang.

Analisis Data

Analisis erosi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang menggunakan metode USLE yang memasukkan parameter-parameter berupa indeks erosivitas hujan (R), faktor erodibilitas tanah (K), faktor panjang lereng (L), faktor kemiringan lereng (S), faktor pengelolaan tanaman (C), dan faktor tindakan konservasi (P). Persebaran dari tingkat bahaya erosi pada daerah penelitian disini bersifat lebih umum dan tidak detail. Hal ini dikarenakan keterbatasan data yang mana data yang digunakan merupakan data sekunder, maka parameter geologi yang terdapat pada peta geologi berupa formasi disini tidak digunakan, mengingat formasi sendiri tersusun atas batuan yang beragam, sehingga tidak dapat dipastikan litologi jenis apa yang tersebar pada daerah penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Indeks Erosivitas Hujan (R)

Berdasarkan perhitungan curah hujan pada tahun 2019 (Kota Semarang Dalam Angka 2020), diperoleh rata-rata curah hujan pada tahun 2019 yaitu 181,83 mm/tahun. Nilai curah hujan tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk melakukan perhitungan indeks erosivitas hujan (Tabel 2). Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh indeks erosivitas hujan di daerah penelitian pada tahun 2019 yaitu 189 mm/th.

Indeks Erodibilitas Tanah (K)

Nilai K yang digunakan mengacu pada jenis-jenis tanah daerah penelitian berdasarkan Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP) yang kemudian diperoleh peta persebaran jenis tanah di wilayah DAS Garang (Gambar 2). Nilai K pada masing-masing area hulu dan hilir disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan peta persebaran jenis tanah pada daerah penelitian, diperoleh satuan-satuan jenis tanah berupa Alluvial Hidromorf, Alluvial Kelabu dan Coklat Kelabuan, Asosiasi Mediteran Coklat dan Litosol, Kompleks Grumusol Kelabu dan Litosol, dan Mediteran Merah Tua dan Regosol.

1. Satuan Alluvial Hidromorf

Jenis tanah ini mempunyai ciri-ciri fisik warna kelabu, bertekstur liat, dan memiliki permeabilitas (*water run off*) lambat. Jenis tanah ini biasanya banyak digenangi oleh air sehingga warnanya tua kelabu sampai kehitaman.

2. Satuan Alluvial Kelabu dan Coklat Kelabuan

Jenis tanah ini berwarna kelabu dengan struktur yang cenderung lepas dan peka terhadap erosi. Jenis tanah ini banyak mengandung pasir dan liat, tidak banyak mengandung unsur-unsur zat hara.

3. Satuan Asosiasi Mediteran Coklat dan Litosol

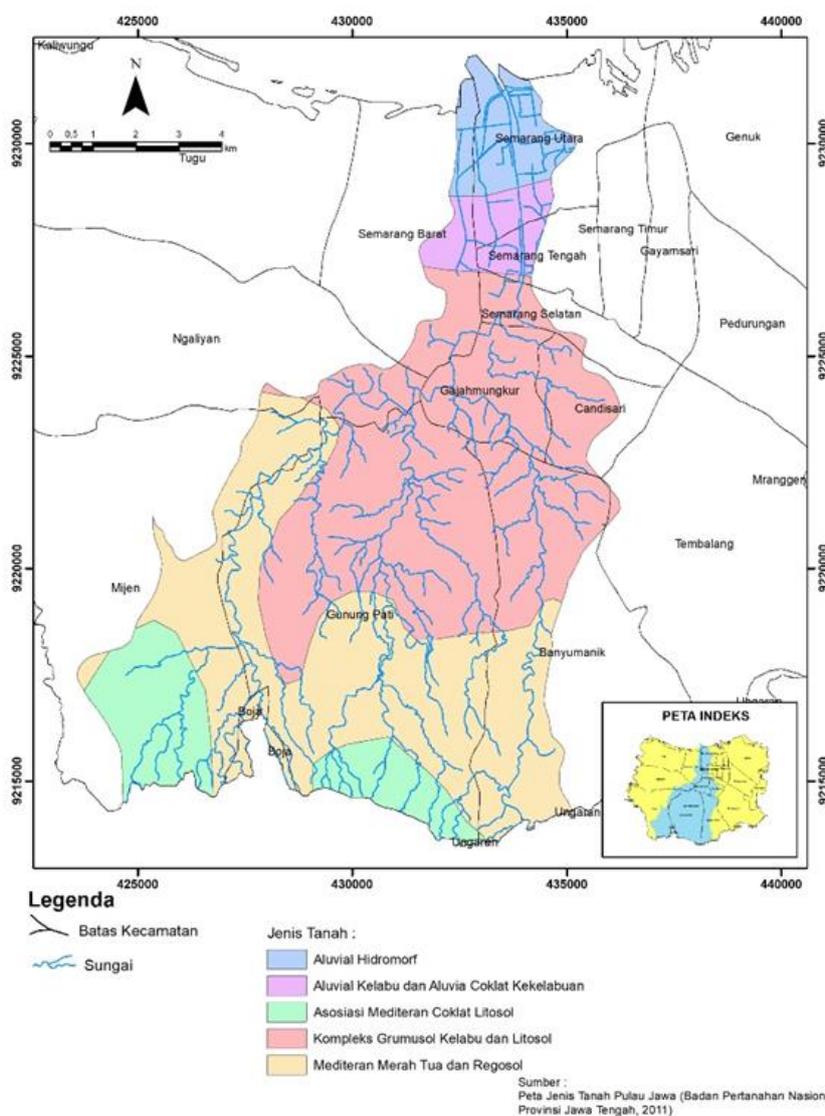
Jenis tanah mediteran merupakan hasil pelapukan batuan kapur keras dan batuan sedimen. Warna tanah ini berkisar antara merah sampai kecoklatan. Tanah litosol merupakan jenis tanah yang terbentuk dari proses pelapukan batuan beku dan sedimen. Tanah litosol memiliki ciri butiran kasar berupa kerikil. Tanah ini sangat miskin unsur hara.

Tabel 2. Indeks Erosivitas Hujan

Tahun	Curah Hujan (mm/th) (i)	Log i	Indeks Erosivitas Hujan (mm/th) (R)
2019	181,83	2,26	$(0,01 \sum I (916+331 \log i))/189$

Tabel 3. Indeks Erodibilitas Tanah (Abdurachman dkk., 1984)

Jenis Tanah	K
Alluvial Hidromorf	0,156
Alluvial Kelabu dan Coklat Kelabuan	0,193
Asosiasi Mediteran Coklat dan Litosol	0,273
Kompleks Grumusol Kelabu dan Litosol	0,187
Mediteran Merah Tua dan Regosol	0,188



Gambar 2. Peta Jenis Tanah Daerah Aliran Sungai Garang.

4. Satuan Kompleks Grumusol Kelabu dan Litosol
Tanah grumusol merupakan tanah yang terbentuk dari batuan induk kapur dan tuffa vulkanik yang umumnya bersifat basa sehingga tidak ada aktivitas organik didalamnya. Hal inilah yang menjadikan tanah ini sangat miskin hara dan unsur organik lainnya.
5. Satuan Mediteran Merah Tua dan Regosol
Ciri-ciri tanah regosol adalah berbutir kasar, berwarna kelabu sampai kuning, dan bahan organik rendah.

Indeks Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

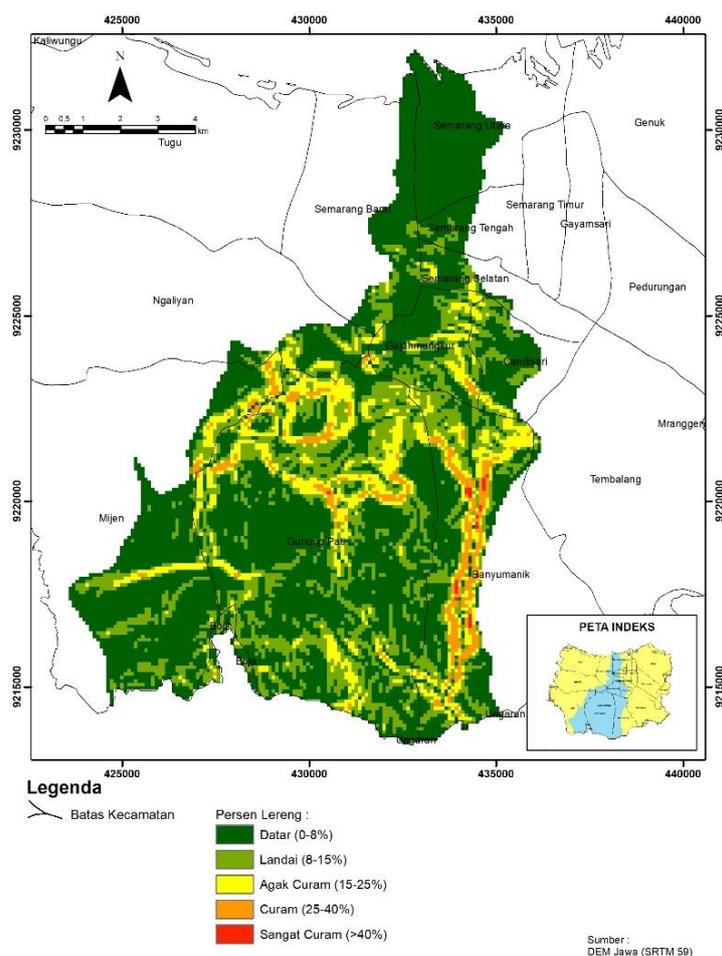
Faktor LS yang diperoleh dari peta persentase kemiringan lereng (S) yang dihasilkan dengan menggunakan peta elevasi *Digital Elevation Models* (DEM). Dari pengolahan data DEM, maka dapat diperoleh peta dari persebaran kelerenghan lahan (Gambar 3). Diketahui bahwa daerah penelitian yang memiliki kelerenghan 0-

8% termasuk datar ditandai dengan warna hijau tua. Daerah penelitian yang memiliki kelerenghan 8- 15% termasuk landai ditandai dengan warna hijau muda. Daerah penelitian yang memiliki kelerenghan 15-25% termasuk agak curam ditandai dengan warna kuning. Daerah penelitian yang memiliki kelerenghan 25-40% termasuk curam ditandai dengan warna *orange*. Daerah penelitian yang memiliki kelerenghan >40% termasuk sangat curam ditandai dengan warna merah.

Indeks Penutupan Vegetasi (C) dan Tindakan Konservasi (P)

1. Indeks Penutupan Vegetasi (C)

Nilai C merupakan perbandingan antara rata-rata tanah yang tererosi pada suatu lahan yang ditanami tanaman serta teknik pengolahannya terhadap rata-rata tanah tererosi dari lahan yang tanpa tanaman. Semakin luas tutupan lahan akibat aktivitas



Gambar 3. Peta Kelerenghan Daerah Aliran Sungai Garang

Tabel 4. Nilai Penutupan Vegetasi di Area Daerah Aliran Sungai Garang (Subarkah , 1980 dalam Sandi Adnyana. 2006; Hassing, 1961 dalam Suripin, 2001; Kodoatie dan Syaried, 2005; Puslitanak, 1973-1981 dalam Arsyad, 2006; Abdurachman dkk., 1984; Rahmawaty, 2011)

Tata Guna Lahan Daerah Hulu dan Hilir	C
Ilalang	0,10
Ladang	0,40
Pemukiman	0,60
Sawah	0,15
Bangunan	0,50
Cagar Budaya	0,50
Semak	0,30
Arena Olahraga	0,50
Kebun	0,40

Tabel 5. Nilai Tindakan Konservasi (Hammer, 1981; Hardjowigeno dan Sukmana, 1995)

Kemiringan Lereng	P
0-8	0,50
8-15	0,75
15-25	0,90
25-40	0,90
40-90	0,90

pertanian, maka akan semakin kecil nilai C. Demikian pula sebaliknya, semakin sedikit tutupan lahan maka akan semakin besar nilai C. Nilai C diperoleh dengan membandingkan pola penutupan lahan atau tata guna lahan secara umum pada area hulu dan hilir (Gambar 4) yang mana persebaran dari daerah hulu dan hilir sudah dicantumkan pada peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang (Gambar 1). Nilai C diperoleh berdasarkan keterdapatannya tata guna lahan di daerah penelitian (Tabel 4).

2. Tindakan Konservasi (P)

Nilai P merupakan tindakan pengolahan tanah yang berlebihan serta meningkatkan pemukiman yang merupakan salah satu faktor penyebab berkurangnya tingkat konservasi. Dalam penentuan nilai P didasarkan pada persebaran kemiringan lereng serta tata guna lahan pada daerah penelitian (Tabel 5).

Tingkat Bahaya Erosi

Tingkat bahaya erosi (TBE) dapat diperoleh dari parameter-parameter yang telah dianalisis sebelumnya. Dengan dilakukannya perhitungan dengan rumus empiris menggunakan metode USLE, maka dapat diketahui besarnya total erosi di area hulu dan hilir pada DAS Garang (Tabel

6). Berdasarkan hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa total erosi pada area hulu yaitu 1.452.679,20 ton/th dengan total luas area 12834,57 Ha, sedangkan total erosi pada area Hilir yaitu 103.254,92 ton/th dengan total luas area 2.092,92 Ha.

Pada masing-masing area, TBE diperoleh dari total erosi yang dibagi luas wilayah dari masing masing area hulu dan hilir. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh total tingkat erosi pada area hulu yaitu sebesar 113,19 ton/ha/th, sedangkan total tingkat erosi pada area hilir yaitu sebesar 49,34 ton/ha/th (Tabel 8). Dari hasil analisis yang dilakukan, pada area hulu memiliki tingkat bahaya erosi yang sedang dibandingkan pada area hilir yang memiliki tingkat bahaya erosi yang ringan (Gambar 5). Perbedaan klasifikasi ini terjadi karena adanya beberapa faktor yang mempengaruhi, yaitu perbedaan kemiringan lereng, pengolahan atau manajemen tanaman, serta, konservasi lahan pada area hulu dan hilir DAS Garang.

Area dengan TBE ringan, yaitu di bagian hilir DAS, terbentuk pada daerah dengan kemiringan relatif landai hingga datar serta pengolahan atau manajemen vegetasi penutup yang sesuai. Bagian hulu tergolong TBE tingkat sedang karena kemiringan lereng yang relatif lebih curam dibandingkan dengan kemiringan bagian hilir serta adanya tata guna lahan yang tidak sesuai.

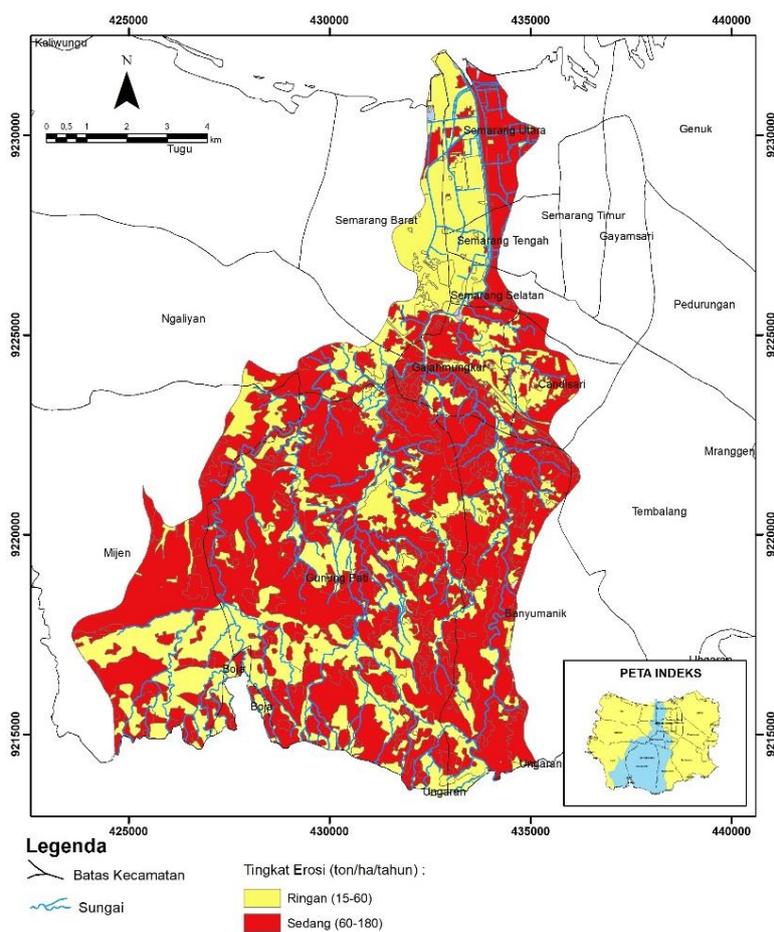
Perbedaan tingkat bahaya erosi juga dipengaruhi oleh jenis tanah penyusun area hulu dan Hilir. Pada area hulu didominasi oleh jenis tanah berupa Kompleks Grumusol Kelabu dan Litosol serta Mediteran Merah Tua dan Regosol. Jenis tanah ini mengandung bahan organik yang

Tabel 6. Total Erosi Bagian Hilir Daerah Aliran Sungai Garang

Tata Guna Lahan Hilir	Luas wilayah (Hektar)	R	K	LS	C	P	A	Total Erosi (ton/th)
Ilalang	412,78	189	0,156	1,36	0,10	0,50	2,01	827,59
Ladang	162,79	189	0,187	5,25	0,40	0,75	55,67	9.061,82
Pemukiman	784,65	189	0,193	5,25	0,60	0,75	86,18	67.618,30
Sawah	5,35	189	0,273	1,36	0,15	0,50	5,26	28,14
Bangunan	570,38	189	0,193	1,36	0,50	0,50	12,40	7.074
Cagar Budaya	83,92	189	0,273	5,25	0,50	0,75	101,58	8.524,65
Kebun	73,05	189	0,188	10,83	0,40	0,90	138,	10.120,43
TOTAL	2.092,92							103.254,92

Tabel 7. Tingkat Bahaya Erosi Daerah Aliran Sungai Garang (Departemen Kehutanan, 1986)

Area	Total Luas Wilayah (Hektar)	Total Erosi (ton/th)	Tingkat Erosi (ton/ha/th)	Tingkat Bahaya Erosi (TBE)
Hulu	12834,57	1.452.679,20	113,19	Sedang
Hilir	2092,92	103.254,92	49,34	Ringan



Sumber :
DEM Jawa (SRTM 59)
Kota Semarang Dalam Angka 2020
Peta Rupa Bumi Indonesia Kota Semarang (Ins-Geoportal)
Peta Jenis Tanah Pulau Jawa (Badan Pertanahan Nasional Provinsi Jawa Tengah, 2011)

Gambar 5. Peta Distribusi Tingkat Bahaya Erosi Daerah Aliran Sungai Garang

rendah serta lapukan mengandung kapur dari batuan induk vulkanik tufan sehingga tidak tahan terhadap daya curah hujan mengakibatkan area ini mudah tererosi. Pada area Hilir didominasi oleh jenis tanah berupa Alluvial Hidromorf serta Alluvial Kelabu dan Coklat Kelabuan. Jenis tanah ini bertekstur liat dan memiliki permeabilitas (*water run off*) lambat sehingga jenis tanah ini biasanya banyak digenangi oleh air. Adanya tekstur yang liat menyebabkan area ini tidak mudah tererosi.

Penentuan tingkat bahaya erosi pada daerah penelitian hanya mengambil parameter jenis tanah saja. Perlu dilakukannya studi secara lebih detail yaitu dengan melakukan pemetaan litologi maupun persebaran tanah, sehingga didapatkan data yang lebih rinci dan valid, serta dapat dijadikan parameter yang lebih kuat jika dibandingkan hanya mengambil salah satu parameter saja, entah itu formasi ataupun jenis tanah saja.

KESIMPULAN

Tingkat erosi pada area hulu sebesar 113,19 ton/ha/th tergolong sedang, sedangkan tingkat erosi pada area hilir adalah sebesar 49,34 ton/ha/th tergolong ringan. Faktor yang mempengaruhi perbedaan tingkat bahaya erosi tersebut yaitu perbedaan tingkat kelerengan, perbedaan pengolahan vegetasi, konservasi lahan (tata gunalahan), serta jenis tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis bermaksud menyampaikan terima kasih kepada Departemen Teknik Geologi UNDIP yang telah memfasilitasi perangkat lunak untuk melakukan proses analisis penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurachman, A., Barus, A., Kurnia, U., 1984. Pengelolaan Tanah dan Tanaman Untuk Usaha Konservasi Tanah. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk*, 3.

Arsyad, Sitanala. 2006. *Konservasi Tanah dan Air*. Bandung: Penerbit IPB (IPB Press).

Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP). <http://gis.pertanian.go.id/PertanianSIG/rest/services/bbsdplp> (diakses pada Sabtu, 11 April 2020 pukul 08.50 PM).

Badan Pertanahan Nasional (BPN) Provinsi Jawa Tengah. 2011. <https://www.arcgis.com/home/user.html?user>

=*badanpertanahan* (diakses pada Jum'at, 10 April 2020 pukul 10.35 PM).

- Departemen Kehutanan. 1998. *Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Teknik Lapangan dan Konservasi Tanah Daerah Aliran Sungai*. Departemen Kehutanan: Jakarta.
- Direktorat Perencanaan dan Evaluasi Pengendalian DAS (PEPDAS). 2018. <https://www.lapakgis.com/2019/07/shapefile-peta-daerah-aliran-sungai-indonesia-gis.html>. (diakses pada Jum'at, 10 April 2020 pukul 11.00 PM).
- Hammer, W. I. 1981. *Soil Conservation Consultant Report Center for Soil Research*. LPT Bogor: Indonesia.
- Hardjowigeno, S. dan S. Sukmana. 1995. *Menentukan Tingkat Bahaya Erosi (TBE)*. LREPPCSR: Bogor.
- Herawati, T. 2010. Analisis Spasial Tingkat Bahaya Erosi di Wilayah DAS Cisadane Kabupaten Bogor. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 7(4), 413-424.
- Ina-Geoportal. <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>. (diakses pada Jum'at, 10 April 2020 pukul 10.35 PM).
- Kodoatie, Robert J; Syarief, Roestam. 2005. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Penerbit Andi: Yogyakarta.
- Poerbandono, Basyar, A. dan Harto, A. B., 2006, Spatial Modelling of Sediment Transport over the Upper Citarum Catchment. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 38(1).
- Rahmawaty, T. R. Villanueva, M. G. Carandang. 2011. *Participatory Land Use Allocation, Case Study in Besitang Watershed, Langkat, North Sumatra, Indonesia*. Lambert Academic Publishing: Jerman.
- Sandi Adnyana, I.W. 2006. Laju Aliran Permukaan dan Erosi pada Beberapa Tipe Penggunaan Lahan di Daerah Aliran Sungai Ayung Hulu, Bali. *Jurnal Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Udayana: Bali*, 1(1)
- Subarkah, Iman. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Penerbit Idea Dharma: Bandung.
- Suripin, 2001. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Andi Offset: Yogyakarta.
- Sutapa, I. W. 2010. Analisis potensi erosi pada daerah aliran sungai (DAS) di Sulawesi Tengah. *SMARTek*, 8(3).

- Wijayanto, Y. T. 2013. Penerapan Metode MUSLE dalam Memprediksi Hasil Sedimen di Sub DAS Garang Hulu Provinsi Jawa Tengah. *Geo-Image*, 2(1).
- Wischmeier, W.H. dan D.D. Smith. 1978. Predicting Rainfal Erosion Losses – A Guide to Conserrvation Planning. US Department of Agriculture. *Agriculture Handbook*, 537.