

Analisis Laju dan Pemetaan Erosi Lahan DAS Citanduy Hulu Berbasis SIG dengan Metode Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE)

Euis Khallilah^{*1}, Pengki Irawan², Asep Kurnia Hidayat³, Herianto⁴, Rosi Nursani⁵, Hidayanto⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia

*Corresponding authors: euiskhallillah@gmail.com

Diserahkan: 5 Juli 2024, Direvisi: 13 Juli 2024, Diterima: 24 Juli 2024

ABSTRAK: Daerah Aliran Sungai (DAS) Citanduy Hulu Memiliki luas 71.544,24 ha. DAS Citanduy Hulu memiliki topografi kemiringan lereng dengan kategori agak curam karena letaknya diantara lima gunung diantaranya Gn. Cakrabuana, Gn. Sadakeling, Gn. Telaga Bodas, Gn. Galunggung, dan Gn. Sawal. Tutupan lahan, curah hujan dan sedimentasi menjadi tiga permasalahan pokok penyebab terjadinya erosi pada DAS Citanduy Hulu. Tutupan Lahan pada wilayah DAS Citanduy Hulu mengalami penurunan luas pada hutan (33,27%), semak belukar (45,25%), dan badan air (47,59%). Curah hujan pada DAS Citanduy hulu berada pada kategori tinggi menyebabkan semakin banyak partikel sedimen yang terangkut dan mengendap di hilir. Sedimentasi pada DAS Citanduy Hulu mengalami peningkatan cukup tinggi dalam kurun waktu satu tahun. Adanya permasalahan tersebut, diperlukan pendugaan laju erosi yang terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah erosi dan hasil pelepasan sedimen menggunakan metode *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE) dan persamaan *Sediment Delivery Ratio* (SDR) dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil analisis menunjukkan bahwa erosi yang dihitung pada DAS Citanduy Hulu sebesar 450,26 ton/ha/tahun dengan kelas bahaya erosi berat. Jumlah pelepasan sedimen yang terjadi pada DAS Citanduy Hulu sebesar 2.448.226,72 ton/tahun atau 7,6% dari total erosi yang terjadi di lahan.

KATA KUNCI: Daerah aliran sungai (das); erosi; *modified universal soil loss equation* (MUSLE); *sediment delivery ratio* (SDR); SIG.

ABSTRACT The Upper Citanduy Watershed (DAS) has an area of 71,544.24 ha. The Upper Citanduy Watershed has a slope topography with a rather steep category because it is located between five mountains including Mt. Cakrabuana, Mt. Sadakeling, Mt. Telaga Bodas, Mt. Galunggung, and Mt. Sawal. Land cover, rainfall and sedimentation are the three main problems causing erosion in the Upper Citanduy Watershed. Land cover in the Upper Citanduy Watershed area has decreased in area in forests (33.27%), shrubs (45.25%), and water bodies (47.59%). Rainfall in the upper Citanduy watershed is in the high category, causing more sediment particles to be transported and deposited downstream. Sedimentation in the Upper Citanduy Watershed has increased quite high within one year. The existence of these problems requires estimating the erosion rate that occurs. This study aims to determine the amount of erosion and sediment release results using the *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE) method and the *Sediment Delivery Ratio* (SDR) equation with the help of Geographic Information Systems (GIS). The results of the analysis showed that the calculated erosion in the Upper Citanduy Watershed was 450.26 tons/ha/year with a heavy erosion hazard class. The amount of sediment release that occurred in the Upper Citanduy Watershed was 2,448,226.72 tons/year or 7.6% of the total erosion that occurred on the land.

KEYWORDS Watershed, erosion; *modified universal soil loss equation* (MUSLE); *sediment delivery ratio* (SDR); GIS.

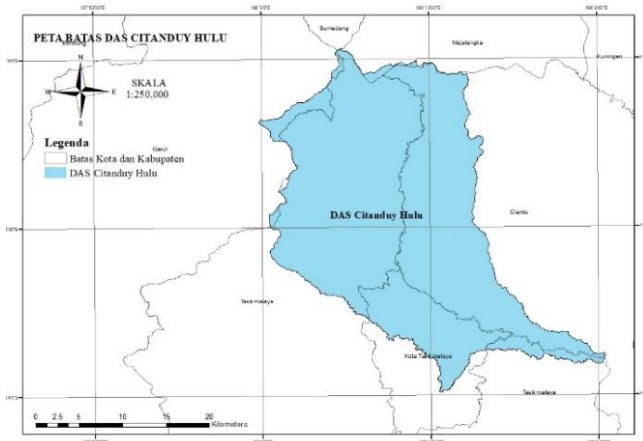
1. PENDAHULUAN

DAS Citanduy di Jawa Barat, yang kritis menurut RPJM 2010-2014, diusulkan sebagai prioritas dalam Renstra KLHK 2020-2024 (Fadjarjani *et al.*, 2021). DAS Citanduy Hulu, seluas sekitar 72.409,5 ha, terletak di Kabupaten Garut, Tasikmalaya, dan Ciamis (Hidayat *et al.*, 2021). Tutupan lahan di DAS Citanduy Hulu menurun pada hutan (33,27%), semak belukar (45,25%), dan badan air (47,59%) (Handayani, 2013). Perubahan ini menyebabkan erosi karena vegetasi kurang menahan air hujan (Irawan *et al.*, 2024). BBWS Citanduy mencatat curah hujan di DAS Citanduy Hulu rata-rata 2429 mm/tahun masuk pada kategori tinggi. BBWS Citanduy mencatat peningkatan sedimen di Pos Duga Air (PDA) Cirahong dari 401.990,39 ton/tahun pada 2019 menjadi 1.263.093,134 ton/tahun pada 2020 akibat perubahan tutupan lahan, curah hujan, dan kemiringan lereng. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan analisis dan pemetaan erosi berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan metode *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE) berdasarkan limpasan permukaan, erodibilitas tanah, kemiringan lereng, tutupan lahan dan teknik konservasi tanah.

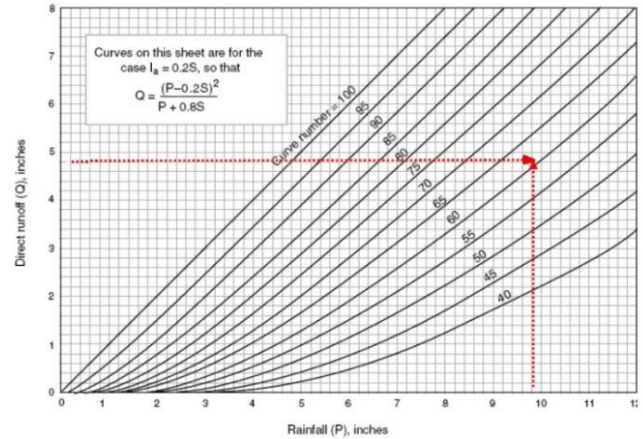
2. METODE

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah DAS Citanduy Hulu, terletak pada $7^{\circ}12'48,53''$ LS; $108^{\circ}11'38,86''$ BT, meliputi Kabupaten Tasikmalaya, Ciamis, Majalengka, Garut, dan Kota Tasikmalaya, dengan luas 71.544,24 ha. Peta administrasi wilayah penelitian ditunjukkan pada Gambar 1a di bawah ini.



Gambar 1a. Peta DAS Citanduy Hulu.



Gambar 1b. Grafik SCS-CN.

2.2. Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperlukan pada penelitian adalah data sekunder, diantaranya:

- Peta digital batas administratif DAS Citanduy Hulu dan Data *Digital Elevation Model* (DEM) dari Badan Informasi Geospasial.
- Data curah hujan DAS Citanduy Hulu (2014-2023) dari BBWS Citanduy.
- Peta digital jenis tanah DAS Citanduy Hulu dari Sistem Informasi Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Peta digital tutupan lahan DAS Citanduy Hulu dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2019).

Alat yang digunakan berupa *software ArcGIS 10.5* dan seperangkat laptop dengan spesifikasi yang sesuai.

2.3. Analisis Hidrologi

Setiap stasiun curah hujan umumnya memiliki data lengkap, namun terkadang data hilang atau tidak tercatat karena kesalahan pengamatan, kerusakan alat, atau perubahan kondisi lokasi. Analisis perbaikan menggunakan metode *Inversed Square Distance*. Curah hujan yang sudah dilakukan perbaikan akan diuji konsistensinya. Uji konsistensi data akan terus dilakukan sampai koefisien determinasi mendekati angka 1 (satu). Uji konsistensi meliputi persamaan regresi dan korelasi. Rerata curah hujan tahunan didapat dari hasil proses *software ArcGIS 10.5* menggunakan metode isohyet (Irawan, Ikhsan, *et al.*, 2020). Berikut persamaan dari metode isohyet.

2.4. Analisis Laju Erosi

Analisis laju erosi menggunakan metode MUSLE dimana memerlukan beberapa faktor erosi meliputi beberapa faktor diantaranya limpasan permukaan, erodibilitas tanah, kemiringan lereng, dan tutupan lahan (Panjaitan, 2014). Pada limpasan permukaan, dilakukan analisis menggunakan metode SCS-CN yang memerlukan nilai CN, data curah hujan dan lahan. Selain itu, debit maksimum dan volume aliran permukaan menjadi parameter dalam perhitungan limpasan permukaan (Krisnayanti, Udiana and Muskanan, 2018). Debit maksimum menggunakan metode rasional yaitu rumus tertua diantara rumus-rumus empiris.

Limpasan permukaan akan terjadi apabila kejadian hujan (P) lebih besar dari abstraksi awal (I_a). Untuk nilai CN berbeda beda dapat dilihat pada grafik Gambar 1b berdasarkan hubungan hujan dan debit maksimum yang terjadi. Kondisi tersebut dapat dilakukan dengan pengamatan langsung di lapangan atau dengan menggunakan simulasi di laboratorium. Selain limpasan permukaan, faktor erosi lainnya di analisis melalui *software ArcGIS 10.5*.

2.5. Analisis Pelepasan Sedimen

Perhitungan pelepasan sedimen penting untuk memperkirakan total sedimentasi berdasarkan erosi di daerah tangkapan air. Persamaan *Sediment Delivery Ratio* (SDR) ditentukan berdasarkan pengaruh karakteristik DAS (Sabila, Yulistiyanto and Legono, 2020). Penelitian ini menggunakan persamaan SDR Boyce (1975) berdasarkan data luas DAS.

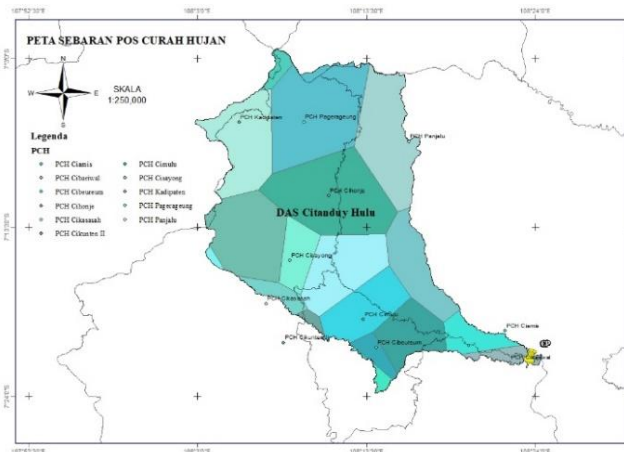
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Bentuk DAS

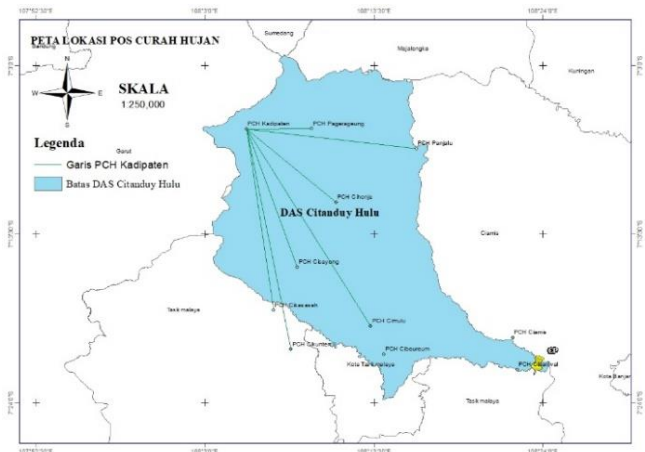
DAS Citanduy Hulu memiliki pola aliran radial, dengan anak sungai berkumpul di satu titik sebelum mengalir ke sungai utama. Akibatnya, air hujan mencapai titik kumpulan hampir bersamaan, meningkatkan risiko banjir signifikan di daerah pertemuan anak sungai.

3.2. Sebaran Curah Hujan

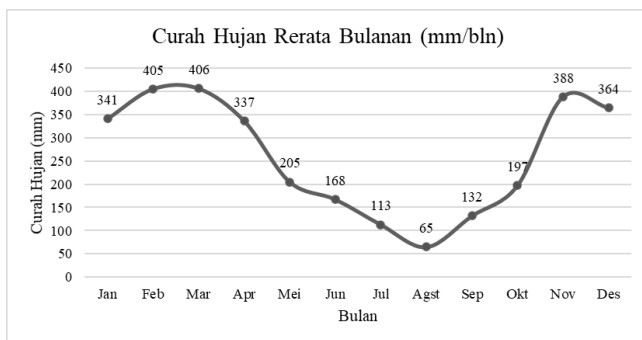
Berdasarkan analisis data dengan Sistem Informasi Geografis, terdapat 11 titik Pos Curah Hujan (PCH) di wilayah DAS Citanduy Hulu menurut analisis *polygon thiessen*. Data curah hujan yang tidak lengkap dilakukan perbaikan menggunakan metode *Inversed Square Distance* yaitu digunakan jarak maksimum 30 km antara PCH yang diuji dan PCH pembanding. Berikut tampilan peta dari sebaran dan perbaikan data curah hujan dapat dilihat pada Gambar 2a - Gambar 3a.



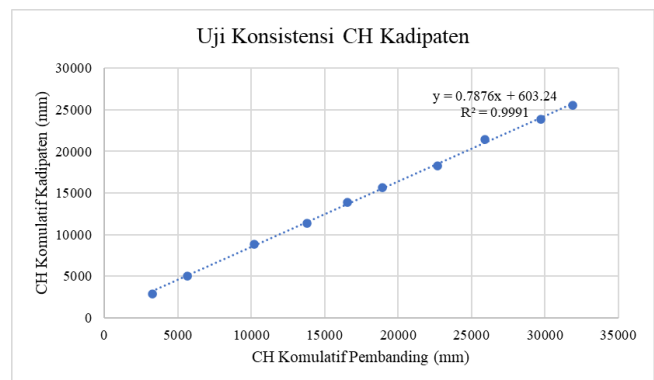
Gambar 2a. Sebaran Pos Curah Hujan.



Gambar 2b. Letak PCH Kadipaten dengan PCH Pembanding.



Gambar 3a. Curah Hujan Rerata Bulanan



Gambar 3b. Grafik Uji Konsistensi PCH Kadipaten

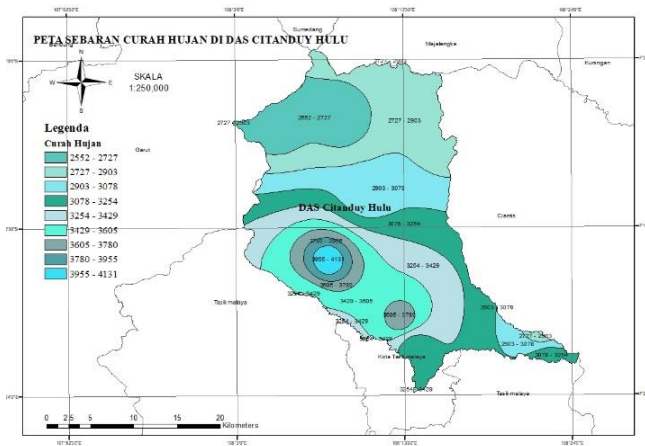
Data curah hujan yang digunakan adalah data bulanan dari tahun 2014 hingga 2023. Dari grafik curah hujan bulanan di atas, nilai tertinggi rata-rata terjadi pada bulan Maret (406 mm), sedangkan terendah rata-rata terjadi pada bulan Agustus (65 mm).

3.3. Uji Konsistensi Data

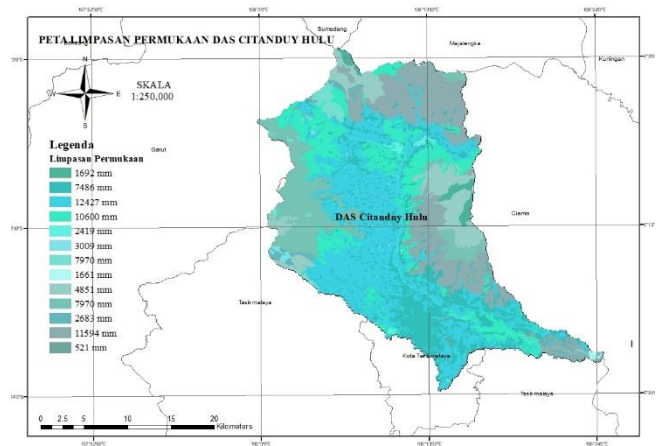
Semua data curah hujan harus konsisten menggunakan metode kurva massa ganda dengan membandingkan akumulasi data hujan dengan data curah hujan rata-rata pembanding. Uji konsistensi data dilakukan untuk melihat letak kesalahan data yang tercatat pada stasiun hujan (Irawan, Komala Sari, et al., 2020). Ketidakkonsistenan dalam data curah hujan dapat menyebabkan penyimpangan pada hasil perhitungan. Grafik hasil uji konsistensi pada PCH Kadipaten dapat dilihat pada Gambar 3b. Berdasarkan grafik, koefisien determinasi (R^2) dari persamaan regresi dan korelasi linear adalah 0,9991, menunjukkan korelasi sangat kuat. Oleh karena itu, data perhitungan curah hujan hilang dapat digunakan untuk parameter perhitungan lainnya.

3.4. Curah Hujan Rerata Tahunan

Perhitungan rerata curah hujan pada penelitian ini menggunakan metode isohyet dengan bantuan *software ArcGIS 10.5*.



Gambar 4a. Sebaran Curah Hujan Rerata Tahunan dengan Metode Isohyet.



Gambar 4b. Limpasan Permukaan DAS Citanduy Hulu.

Dari peta di atas, nilai curah hujan rerata tahunan tertinggi tercatat pada PCH Cisayong, mencapai 4131 mm/tahun untuk area seluas 10821.58 ha, sedangkan rerata curah hujan wilayah DAS Citanduy Hulu adalah 3133 mm/tahun. Dapat disimpulkan bahwa curah hujan rerata tahunan di DAS Citanduy Hulu termasuk dalam kategori tinggi (2500 – 4200 mm).

3.5. Limpasan Permukaan (Ro)

Nilai limpasan permukaan dihitung menggunakan metode SCS menghasilkan jumlah volume aliran permukaan. Limpasan permukaan juga menggunakan nilai debit maksimum dengan metode rasional, dengan mengplotkan nilai P dan Q pada kurva SCS maka nilai CN dapat ditentukan. Rerata hujan tahunan pada 11 PCH senilai 3133 mm/tahun dikalkulasikan dengan koefisien limpasan permukaan dan luas per satuan tutupan lahan (Yusuf, 2021). Setelah diperoleh nilai debit maksimum untuk masing-masing tutupan lahan dilakukan pembacaan grafik agar diperoleh nilai CN. Grafik SCS merupakan hubungan antara nilai debit maksimum dengan hujan.

Intensitas curah hujan yang digunakan yaitu rerata tahunan senilai 3133 mm/tahun dengan volume debit maksimum yang berbeda setiap tutupan lahannya. Sebagai contoh pembacaan grafik SCS pada tutupan lahan tanah terbuka yaitu intensitas curah hujan 3133 mm/tahun diplotkan dengan volume debit maksimum senilai 430,383 m³/detik menghasilkan nilai CN 55. Langkah berikutnya adalah menghitung volume dari total simpanan (S). Nilai S ini diperlukan untuk perhitungan volume aliran permukaan. Volume aliran permukaan dan debit maksimum kemudian dihitung untuk menghasilkan nilai limpasan permukaan (Ro). Peta limpasan permukaan dapat dilihat pada Gambar 4b.

Tabel 1. Perhitungan Limpasan Permukaan.

Legenda	A (ha)	CP	C	I (mm/tahun)	CN	S	P (mm/hari)	a	Vq (m3)	Qp (m3/dtk)	b	Ro (mm)
Tanah Terbuka	247.048	0.95	0.2	3133	55	207.82	8.584	11.8	6.22	430.34	0.56	980.329
Pertanian Lahan Kering	10729.837	0.28	0.1	3133	45	310.44	8.584	11.8	11.14	9345.41	0.56	7615.686
Pertanian Lahan Kering Campur	13288.807	0.19	0.1	3133	45	310.44	8.584	11.8	11.14	11574.21	0.56	8584.778
Sawah	20256.920	0.01	0.15	3133	50	254.00	8.584	11.8	8.41	26464.88	0.56	11657.544
Bandara / Pelabuhan	43.161	0.95	0.05	3133	35	471.71	8.584	11.8	19.06	18.80	0.56	317.813
Pertambangan	85.507	0.95	0.2	3133	55	207.82	8.584	11.8	6.22	148.95	0.56	541.171
Hutan Lahan Kering Primer	883.701	0.03	0.02	3133	20	1016.00	8.584	11.8	46.11	153.94	0.56	1692.489
Hutan Lahan Kering Sekunder	5323.601	0.01	0.03	3133	25	762.00	8.584	11.8	33.46	1391.02	0.56	4851.374
Pemukiman	10630.553	0.95	0.6	3133	95	13.37	8.584	11.8	1.81	55553.61	0.56	7473.159
Hutan Tanaman Industri (HTI)	7752.302	0.05	0.05	3133	35	471.71	8.584	11.8	19.06	3376.03	0.56	5815.658
Perkebunan	1028.777	0.5	0.4	3133	80	63.50	8.584	11.8	0.29	3584.15	0.56	571.814
Semak/Belukar	575.068	0.3	0.07	3133	40	381.00	8.584	11.8	14.59	350.61	0.56	1408.745
Tubuh Air	668.931	0.001	0.05	3133	35	471.71	8.584	11.8	19.06	291.31	0.56	1474.794

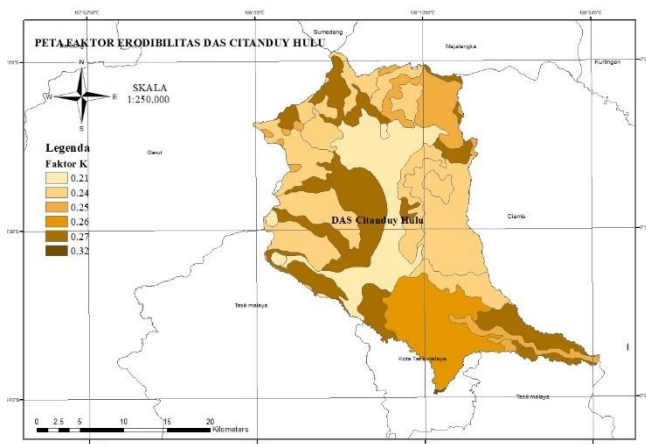
3.6. Erodibilitas Tanah (K)

Erodibilitas tanah, yaitu kemampuan tanah menahan pelepasan dan pengangkutan partikel, dianalisis berdasarkan jenis tanah dari Sistem Informasi Sumberdaya Lahan Pertanian. Data ini diproses dengan SIG untuk menentukan distribusi dan nilai erodibilitas (K) di setiap SubDAS Citanduy Hulu. Ada 20 jenis tanah dengan nilai erodibilitas yang berbeda, dimana semakin tinggi indeksnya, semakin rendah ketahanan terhadap erosi.

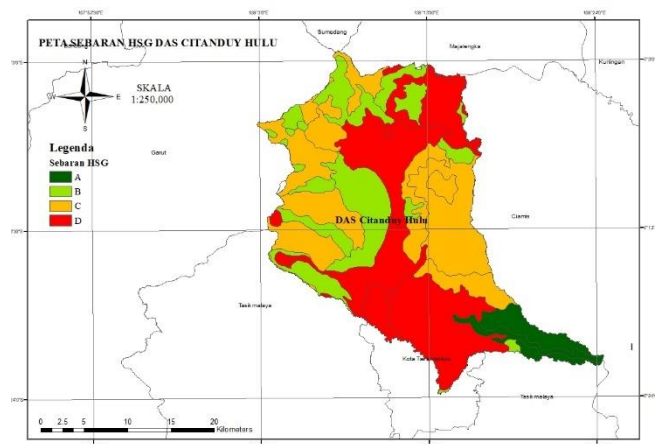
Tabel 2. Analisis Faktor Erodibilitas Tanah.

Jenis Tanah	Tanah	Kode	Luas	%	K
Andic Dystrudepts, Typic Dystrudepts	Tanah1	AnDysdept, TyDysdept	416.88	0.58	0.21
Andic Dystrudepts, Typic Hapludands, Typic Udorthents	Tanah2	AnDysdept, TyHpldand, TyUdent	9075.88	12.69	0.24
Andic Dystrudepts, Typic Udivitrands	Tanah3	AnDysdept, TyUdvand	143.53	0.20	0.21
Lithic Dystrudepts, Lithic Hapludands, Typic Udorthents	Tanah4	LiDysdept, LiHpldand, TyUdent	797.37	1.11	0.24
Typic Dystrudepts, Aquic Dystrudepts	Tanah5	TyDysdept, AqDysdept	10978.63	15.35	0.21
Typic Dystrudepts, Aquic Dystrudepts, Typic Epiaquepts (Sawah)	Tanah6	TyDysdept, AqDysdept, TyEpqept	4456.00	6.23	0.25
Typic Dystrudepts, Typic Epiaquepts (Sawah), Typic Epiaquerts	Tanah7	TyDysdept, TyEpqept, TyEpqert	9292.93	12.99	0.26
Typic Dystrudepts, Typic Hapludands	Tanah8	TyDysdept, TyHpldand	1553.75	2.17	0.27
Typic Dystrudepts, Typic Hapludands, Typic Hapludults	Tanah9	TyDysdept, TyHpldand, TyHpldult	113.27	0.16	0.27
Typic Dystrudepts, Typic Hapludults, Typic Hapludands	Tanah10	TyDysdept, TyHpldult, TyHpldand	228.61	0.32	0.27
Typic Epiaquepts, Aquic Dystrudepts, Typic Dystrudepts	Tanah11	TyEpqept, AqDysdept, TyDysdept	1407.47	1.97	0.25
Typic Epiaquepts, Typic Dystrudepts, Typic Hapludults	Tanah12	TyEpqert, TyDysdept, TyHpldult	3083.83	4.31	0.27
Typic Eutrudepts, Typic Hapludalfs	Tanah13	TyEudept, TyHpldalf	0.00	0.00	0.25
Typic Hapludands, Andic Dystrudepts, Typic Hapludults	Tanah14	TyHpldand, AnDysdept, TyHpldult	6264.65	8.76	0.27
Typic Hapludands, Typic Dystrudepts	Tanah15	TyHpldand, TyDysdept	485.47	0.68	0.27
Typic Hapludands, Typic Dystrudepts, Lithic Udorthents	Tanah16	TyHpldand, TyDysdept, LiUdent	14892.03	20.82	0.24
Typic Hapludands, Typic Dystrudepts, Typic Hapludults	Tanah17	TyHpldand, TyDysdept, TyHpldult	5764.02	8.06	0.27
Typic Hapludands, Typic Dystrudepts, Typic Udorthents	Tanah18	TyHpldand, TyDysdept, TyEpqand	1969.36	2.75	0.24
Typic Hapludands, Typic Epiaquands (Sawah)	Tanah19	TyHpldand, TyEpqand	41.03	0.06	0.32
Typic Hapludults, Typic Dystrudepts	Tanah20	TyHpldult, TyDysdept	579.53	0.81	0.25
Total Luas DAS			71544.24	100	

Dari tabel di atas, jenis tanah Typic Hapludands dan Typic Epiaquands (sawah) menunjukkan nilai erodibilitas tertinggi, yakni 0,32 ton/KJ, dengan luas wilayah hanya 41,03 ha. Ini menunjukkan bahwa kondisi tanah tersebut memiliki tingkat ketahanan terhadap erosi yang rendah.



Gambar 5a. Faktor Erodibilitas Tanah DAS Citanduy Hulu.



Gambar 5b. Sebaran HSG DAS Citanduy Hulu.

Jenis tanah dapat menentukan sebaran *Hydrological Soil Group* (HSG) pada DAS Citanduy Hulu dengan mengelompokkan empat kelas HSG. Nilai HSG mengklasifikasikan tanah berdasarkan laju infiltrasi air dalam kondisi tak jenuh. Klasifikasi HSG DAS Citanduy Hulu diperoleh dari overlay data jenis tanah dan tutupan lahan. Hasilnya menunjukkan dominasi kelas D (37,99%).

Tabel 3. Sebaran HSG.

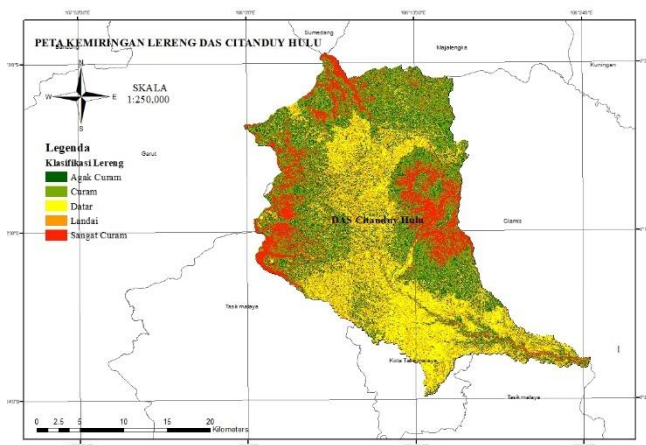
Kelas HSG	Laju Infiltrasi	Luas (ha)	%
A	Tinggi	4490.30	6.28
B	Sedang	15079.06	21.09
C	Lambat	24765.28	34.64
D	Sangat Lambat	27163.77	37.99
Total		71498.41	100.00

3.7. Kemiringan Lereng (LS)

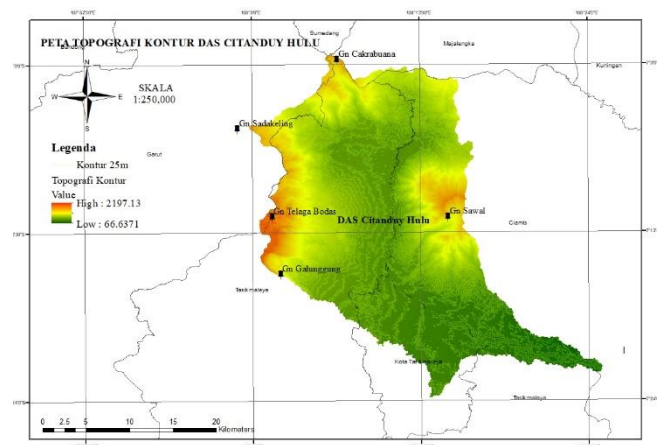
DAS Citanduy Hulu memiliki beragam kemiringan, dari datar di hilir hingga berbukit dan pegunungan di hulu. Semakin curam lereng, semakin besar risiko erosi. Dengan pengolahan melalui SIG, lima kategori kelas lereng dan luasannya diperoleh, seperti terlihat pada Tabel 4 dan Gambar 6a.

Tabel 4. Faktor Kemiringan Lereng DAS Citanduy Hulu.

Klasifikasi Lereng	Kode	Kemiringan	Luas (ha)	%	LS
Datar	Kls 1	0 - 8%	16638.49	23.26	0.4
Landai	Kls 2	8 - 15%	15251.09	21.32	1.4
Agak Curam	Kls 3	15 - 25%	13671.63	19.11	3.1
Curam	Kls 4	25 - 45%	16487.51	23.05	6.8
Sangat Curam	Kls 5	> 45%	9495.51	13.27	9.5
Total Luas DAS			71544.24	100	



Gambar 6a. Faktor Kemiringan Lereng DAS Citanduy Hulu.



Gambar 6b. Topografi Kontur DAS Citanduy Hulu.

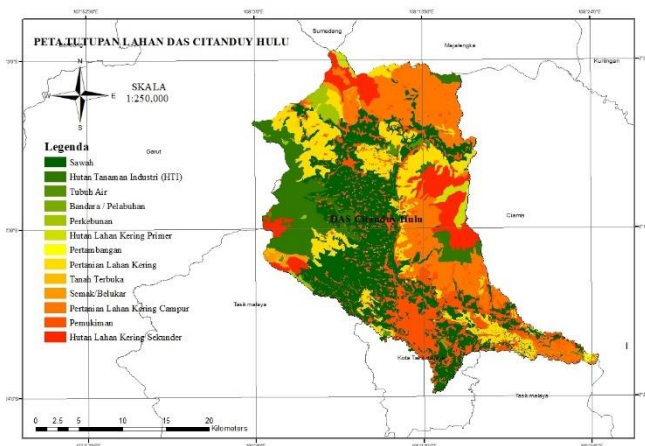
Tabel menunjukkan klasifikasi lereng datar memiliki luas terbesar, yaitu 16.638,49 ha (23,26%). Topografi DAS Citanduy Hulu mencakup lima gunung yang mengelilingi wilayah DAS tersebut sehingga kemiringan rata-rata DAS Citanduy Hulu masuk klasifikasi agak curam dapat dilihat pada Gambar 6b. Kondisi fisik lahan di DAS Citanduy Hulu memiliki ketinggian yang berkisar antara 65 meter hingga lebih dari 2000 meter di atas permukaan laut, dengan variasi tingkat kerapatan kontur.

3.8. Tutupan Lahan (CP)

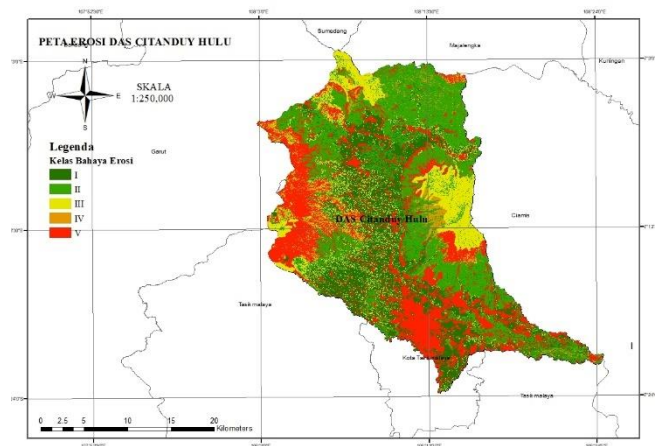
Satuan lahan di DAS Citanduy Hulu terdapat 13 jenis tutupan lahan berdasarkan RSNI-1 tentang kelas penutupan lahan (Badan Standardisasi Nasional, 2014). Semakin tinggi indeks tutupan lahan, semakin besar risiko erosi (Handayani, 2013). Penyebaran tutupan lahan dapat dilihat pada Gambar 7a. Tutupan lahan diolah melalui perangkat SIG untuk membuat kawasan dengan penggunaan lahan tertentu. Berikut hasil pengolahan tutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Faktor Tutupan Lahan DAS Citanduy Hulu.

Tutupan Lahan	Kode	Luas (ha)
Tanah Terbuka	Tb	247.05
Pertanian Lahan Kering	Pl	10729.84
Pertanian Lahan Kering Campur	Plc	13288.81
Sawah	Sw	20256.92
Bandara / Pelabuhan	Bd	43.16
Pertambangan	Pt	85.51
Hutan Lahan Kering Primer	Hp	883.70
Hutan Lahan Kering Sekunder	Hs	5323.63
Pemukiman	Pm	10650.55
Hutan Tanaman Industri (HTI)	Ht	7762.30
Perkebunan	Pk	1028.78
Semak/Belukar	B	575.07
Tubuh Air	A	668.93
Total Luas DAS		71544.24



Gambar 7a. Faktor Tutupan Lahan DAS Citanduy Hulu.



Gambar 7b. Erosi Lahan DAS Citanduy Hulu.

Berdasarkan tabel di atas, jenis tutupan lahan yang paling luas di DAS Citanduy Hulu adalah sawah, dengan luas mencapai 20.256,92 hektar (28,314% dari total luas). Indeks tutupan lahan terbesar di wilayah ini terdapat di area permukiman, bandara/pelabuhan, pertambangan, dan tanah terbuka dengan nilai 0,95, karena air hujan di area tersebut langsung bersentuhan dengan tanah, menyebabkan aliran air membawa partikel tanah ke sungai sekitarnya. Sebaliknya, indeks tutupan lahan terkecil ada di tubuh air dengan nilai 0,001, karena air hujan langsung jatuh ke badan air tanpa kontak dengan tanah. Jenis tutupan lahan lainnya, seperti sawah, hutan lahan kering sekunder dan primer, serta hutan tanaman industri, memiliki indeks antara 0,01 hingga 0,05, karena air hujan masih tertahan oleh vegetasi dan tidak langsung menyentuh tanah. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai indeks tutupan lahan di DAS Citanduy Hulu, semakin besar kemungkinan terjadinya erosi tanah.

3.9. Teknik Konservasi Tanah (P)

Untuk mencegah erosi, penelitian ini mengasumsikan bahwa berbagai upaya konservasi telah dilakukan di area pertanian dan perkebunan. Upaya tersebut meliputi teknik mekanis seperti pembuatan teras bangku dan gulud sesuai dengan kemiringan lereng, karena lahan tersebut memiliki potensi erosi yang cukup besar.

3.10. Analisis Laju Erosi

Analisis laju erosi menggunakan metode MUSLE yaitu *overlay* dari peta digital limpasan permukaan, erodibilitas tanah, kemiringan lereng dan tutupan lahan. Setelah mengidentifikasi tindakan konservasi di lahan pertanian dan perkebunan, hasil erosi sebelumnya dikalikan dengan indeks teknik konservasi yang sesuai berdasarkan kemiringan lereng. Hasil perhitungan ini kemudian diklasifikasikan menjadi lima kelas berdasarkan jumlah erosi (Edriani, 2014). Berikut adalah nilai laju erosi di DAS Citanduy Hulu yang disajikan pada tabel di bawah ini. Peta laju erosi dapat dilihat pada Gambar 7b.

Tabel 6. Kelas Bahaya Erosi DAS Citanduy Hulu.

Kelas Bahaya Erosi	Laju Erosi (t/ha/th)	Keterangan	Luas (ha)
I	< 15	Sangat Ringan	23277.99
II	15 - 60	Ringan	18387.53
III	60 - 180	Sedang	8708.42
IV	180 - 480	Berat	6501.31
V	> 480	Sangat Berat	14609.52
Total			71544.24

Nilai erosi rerata untuk daerah penelitian DAS Citanduy Hulu yaitu 450,26 ton/ha/tahun berada pada kelas bahaya erosi IV dengan kategori berat seluas 71544,24 ha. Penggunaan metode MUSLE pada penelitian ini merupakan modifikasi dari penelitian sebelumnya yang menggunakan metode USLE. Nilai erosi rerata pada metode USLE sangat jauh dibandingkan dengan metode MUSLE. Erosi pada metode USLE berada pada kategori sedang, sedangkan pada metode MUSLE pada kategori berat.

3.11. Pelepasan Sedimen

Erosi di DAS Citanduy Hulu menghasilkan nisbah pelepasan sedimen yang dapat menyebabkan pendangkalan sungai dan banjir di sekitarnya. Perhitungan nisbah pelepasan sedimen menggunakan persamaan SDR Boyce (1975). Nisbah pelepasan sedimen di DAS Citanduy Hulu mencapai 7,6% dari total erosi lahan, sekitar 450,26 ton/ha/tahun. Dengan nilai SDR sebesar 7,6%, sekitar 92,4% erosi tidak mencapai aliran sungai. Maka diperoleh jumlah pelepasan sedimen akibat erosi yang berada pada DAS Citanduy Hulu sebesar 2.448.226,72 ton/tahun.

4. KESIMPULAN

Hasil pengolahan data SIG menunjukkan wilayah DAS Citanduy Hulu memiliki 11 Pos Curah Hujan, dengan curah hujan rerata tahunan 3133 mm/tahun. Limpasan permukaan tertinggi yaitu pada sawah mencapai 11.657,54 mm. Nilai tertinggi pada faktor erodibilitas tanah ada di *Typic Hapludands*, *Typic Epiaquands* (sawah) dengan nilai 0,32 ton/KJ di area 41,03 ha. Faktor kemiringan lereng DAS Citanduy Hulu memiliki luasan terbesar pada klasifikasi datar yaitu 16638,49 ha (23,26%) dari total luas DAS. Sedangkan pada faktor tutupan lahan, sawah memiliki luas terbesar (20256,92 ha) dengan nilai faktor 0,01. Rata-rata erosi di DAS Citanduy Hulu berada pada kategori IV (Berat) sebesar 450,26 ton/ha/tahun di area 71544,24 ha. Pelepasan sedimen di sungai mencapai 2.448.226,72 ton/tahun atau 7,6% dari total erosi lahan. Seluruh faktor erosi telah dibuatkan peta digital.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa selama menyusun laporan penelitian ini tidak dapat diselesaikan tepat pada waktunya tanpa bimbingan, bantuan, dan do'a dari semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih.

REFERENSI

- Badan Standardisasi Nasional (2014) *Klasifikasi Penutup Lahan-Bagian 1: Skala Kecil dan Menengah*. Available at: www.bsn.go.id.
- Edriani, A.F. (2014) 'Analisis Tingkat Erosi dan Kekritisan Lahan Menggunakan Sistem Informasi Geografis Di SUB DAS Bengkulu Hilir DAS Air Bengkulu'. Available at: <https://repository.unib.ac.id/9250/>.
- Fadjarajani, S. *et al.* (2021) 'Pemanfaatan Lahan Secara Konservatif Bagian Hulu Sungai Ciwalen dari DAS Citanduy untuk Mendukung Ketahanan Pangan Masyarakat', *Intelektiva Jurnal Ekonomi, Sosial, dan Humaniora* [Preprint]. Available at: <https://jurnalintelektiva.com/index.php/jurnal/article/view/474>.
- Handayani, I. (2013) *Kajian Perubahan Tutupan Lahan SubDAS Citanduy Hulu Terhadap Kualitas Air Sungai Citanduy Hulu*. Available at: <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/65120>.
- Hidayat, A.K. *et al.* (2021) 'Analisis dan Pemetaan Limpasan Permukaan di DAS Citanduy Hulu dengan Metode SCSN', *Rona Teknik Pertanian Jurnal Ilmiah dan Penerapan Keteknikan Pertanian*, 14(1), p. 5. Available at: <https://doi.org/10.17969/rtp.v14i1.17699>.
- Irawan, P., Ikhsan, J., *et al.* (2020) 'Analisis dan Pemetaan Isohyet Curah Hujan Berbagai Periode Ulang Tahun (PUH) DAS Citanduy Hulu', *Akselerasi Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(1). Available at: <https://doi.org/10.37058/aks.v2i1.2043>.
- Irawan, P., Komala Sari, N., *et al.* (2020) 'Bandingan HSS Snyder - Alexeyev, Nakayasu dan Gamma 1 pada Analisis Banjir SubDAS Ciliung Untuk Perencanaan Bangunan Air', *Jurnal Siliwangi Seri Sains dan Teknologi*, 6(1). Available at: <https://doi.org/10.37058/jssainstek.v6i1.1794>.

Irawan, P. *et al.* (2024) 'Prediksi Debit Andalan DAS Ciloseh Menggunakan FJ Mock dan Bangkitan Data Debit Thomas Fiering untuk Analisa Ketersediaan Air Daerah Irigasi Cimulu', *Akselerasi Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 5(2). Available at: <https://doi.org/10.37058/aks.v5i2.10234>.

Krisnayanti, D.S., Udiana, I.M. and Muskanan, M.J. (2018) 'Pendugaan Erosi dan Sedimentasi Menggunakan Metode USLE dan MUSLE pada DAS NOEL-PUAMES', *Jurnal Teknik Sipil*, VII(2). Available at: <https://doi.org/10.35508/jts.7.2.143-154>.

Panjaitan, A. (2014) 'Kajian Model Estimasi Erosi Tanah Menggunakan Pendekatan Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) Studi Kasus Hulu Kanal Duri', *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik* [Preprint]. Available at: <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/3313>.

Sabila, N.A., Yulistiyanto, B. and Legono, D. (2020) 'Kajian Sedimen Delivery Ratio Bendungan Bener Kabupaten Purworejo', *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS* [Preprint]. Available at: <http://hdl.handle.net/11617/12146>.

Yusuf, C.M. (2021) 'Kinerja Daerah Aliran Sungai (DAS) Citanduy Hulu Akibat Perubahan Koefisien Aliran Permukaan (C)', *Perpustakaan Universitas Siliwangi* [Preprint]. Available at: <http://repositori.unsil.ac.id/id/eprint/3299>.