

**ANALISIS TINGKAT BAHAYA EROSI
DI SUBDAS TAPUNG KANAN DAS SIAK PROVINSI RIAU**

***ANALYSIS OF EROSION HAZARD LEVEL
IN TAPUNG KANAN SUB-BASIN OF SIAK WATERSHED,
RIAU PROVINCE***

RIAN SUSILA¹⁾, ISHAK TAN¹⁾, PRASETYO WIDODO¹⁾,
FAHRIZA LUTH¹⁾, TONI SUPRIYANTO¹⁾

¹⁾Jalan Bandung-Sumedang Km. 29, Gunungmanik, Kec. Tanjungsari Kab.
Sumedang Provinsi Jawa Barat 45362

Email: risusila27@gmail.com

ABSTRACT

The Soil erosion is a major environmental issue affecting watershed sustainability, particularly in tropical regions with high rainfall and intensive land use. The Tapung Kanan Sub-watershed, part of the Siak Watershed in Riau Province, has experienced significant land-use changes that may increase erosion risk. The object of research is to analyse soil erosion rates and assess the spatial distribution of Erosion Hazard Levels (EHL) as a basis for soil and water conservation planning. Soil erosion was estimated using the Universal Soil Loss Equation (USLE) integrated with Geographic Information Systems (GIS), incorporating rainfall erosivity (R), soil erodibility (K), slope length and steepness (LS), and land cover and management factors (CP). Spatial analysis was applied to generate erosion and EHL maps. The results indicate an average soil erosion rate of 320.52 tons ha⁻¹ year⁻¹, reflecting a relatively high erosion potential. Most of the area is classified as having very light (30.47%) to light (47.70%) erosion hazard levels. However, approximately 10.74% of the area falls into heavy to very heavy erosion hazard classes, mainly associated with steep slopes and land uses such as plantations, agriculture on sloping land, open land, and mining areas. The study highlights that effective land cover management and slope-based conservation measures are essential to reduce erosion risk in priority areas.

Keywords: erosion, GIS, soil, Sub-watershed, USLE.

PENDAHULUAN

Erosi tanah merupakan salah satu bentuk degradasi lahan yang paling dominan terjadi di daerah aliran sungai (DAS), khususnya di wilayah tropis basah dengan intensitas curah hujan tinggi dan tekanan aktivitas antropogenik yang terus meningkat. Proses erosi yang berlangsung secara terus-menerus dapat

menyebabkan hilangnya lapisan tanah atas yang subur, menurunkan produktivitas lahan, serta meningkatkan beban sedimen di sungai yang berdampak pada pendangkalan badan air, penurunan kualitas lingkungan perairan, dan meningkatnya risiko banjir di wilayah hilir (Asdak, 2014; Arsyad, 2016). Oleh karena itu, erosi tanah menjadi salah satu indikator penting dalam evaluasi keberlanjutan pengelolaan DAS.

Sub Daerah Aliran Sungai (Sub DAS) Tapung Kanan merupakan bagian dari DAS Siak yang berada di wilayah hulu dan memiliki peran strategis dalam menjaga keseimbangan hidrologi regional Provinsi Riau. Wilayah ini mengalami perkembangan penggunaan lahan yang pesat, terutama untuk perkebunan, pertanian lahan kering, permukiman, serta aktivitas pertambangan. Perubahan penggunaan lahan yang tidak disertai penerapan prinsip konservasi tanah dan air berpotensi meningkatkan limpasan permukaan dan mempercepat laju erosi tanah (Tarigan & Mardianto, 2016; Liastuti *et al.*, 2018). Kondisi tersebut menjadikan Sub DAS Tapung Kanan sebagai wilayah yang rentan terhadap peningkatan tingkat bahaya erosi dan degradasi lahan.

Secara ilmiah, pendekatan kuantitatif untuk memprediksi kehilangan tanah akibat erosi telah banyak dilakukan menggunakan metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Model ini menghitung rata-rata kehilangan tanah tahunan berdasarkan faktor erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS), penutup dan pengelolaan lahan (C), serta praktik konservasi tanah (P) (Renard *et al.*, 2017). Dalam satu dekade terakhir, integrasi USLE dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan data penginderaan jauh telah menjadi *state of the art* dalam penelitian erosi tanah karena mampu menghasilkan analisis spasial yang lebih detail, efisien, dan akurat pada skala DAS maupun sub-DAS (Borrelli *et al.*, 2017; Alewell *et al.*, 2019).

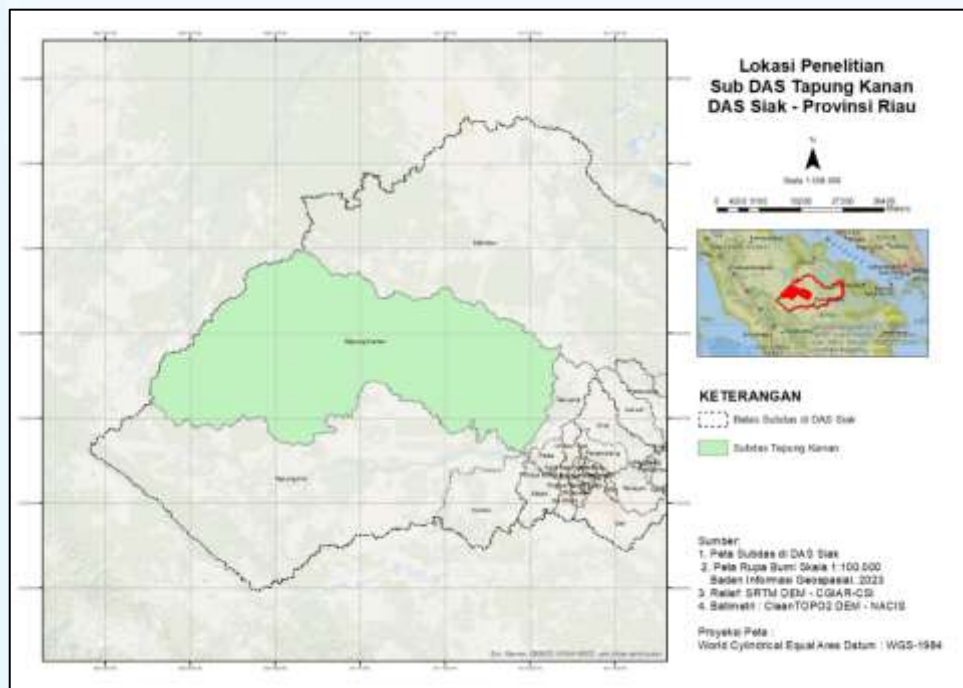
Berbagai penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa penerapan USLE berbasis SIG efektif dalam mengidentifikasi sebaran tingkat bahaya erosi dan menentukan area prioritas konservasi. Purnama *et al.* (2021) menyatakan bahwa kombinasi faktor kelerengan dan tutupan lahan merupakan faktor dominan yang mempengaruhi tingginya laju erosi di DAS tropis. Sementara itu, Sutrisno *et al.* (2022) menegaskan bahwa konversi lahan berhutan menjadi perkebunan dan lahan terbuka secara signifikan meningkatkan kelas tingkat bahaya erosi. Namun demikian, kajian erosi tanah yang bersifat spasial dan terperinci di wilayah DAS Siak, khususnya Sub DAS Tapung Kanan, masih relatif terbatas dan sebagian besar belum memanfaatkan data spasial terbaru sebagai dasar evaluasi.

Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat kesenjangan informasi berupa belum tersedianya data kuantitatif dan spasial yang mutakhir mengenai laju erosi dan tingkat bahaya erosi di Sub DAS Tapung Kanan sebagai salah satu DAS prioritas

di Provinsi Riau. Kebaruan penelitian ini terletak pada analisis tingkat bahaya erosi secara spasial dan komprehensif di Sub DAS Tapung Kanan dengan mengintegrasikan data curah hujan, jenis tanah, topografi, dan tutupan lahan terkini berbasis SIG. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengestimasi laju erosi tanah (ton/ha/tahun) menggunakan metode USLE, mengklasifikasikan tingkat bahaya erosi, serta memetakan sebaran spasial tingkat bahaya erosi di seluruh wilayah Sub DAS Tapung Kanan DAS Siak Provinsi Riau sebagai dasar penentuan prioritas dan arahan konservasi tanah dan air yang spesifik lokasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Subdas Tapung Kanan, DAS Siak Provinsi Riau (Gambar 1). Waktu penelitian dilakukan pada bulan September tahun 2023.



Gambar 1 Lokasi penelitian sub-DAS Tapung Kanan, DAS Siak Provinsi Riau.

Data yang digunakan terdiri atas data utama dan data pendukung. Data utama meliputi:

1. Data curah hujan 10 tahun terakhir (2012–2021) dari stasiun hujan di sekitar Sub DAS Tapung Kanan;
2. Data jenis tanah berdasarkan FAO (1974);
3. Data Digital Elevation Model (DEM/SRTM) dari BIG (2021);

4. Data tutupan lahan dari IPSDH–KLHK (2021);
5. Data hasil pengecekan lapangan (ground check).

Data pendukung meliputi Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) tahun 2022 dan data sosial ekonomi masyarakat terkait.

Pendugaan laju erosi dilakukan menggunakan Universal Soil Loss Equation (USLE) yang terintegrasi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG). Model USLE digunakan untuk memperkirakan kehilangan tanah rata-rata tahunan dan secara luas diaplikasikan dalam kajian konservasi tanah dan air. Persamaan USLE dinyatakan sebagai berikut (Wischmeier & Smith, 1958; Hudson, 1976):

$$A = R \times K \times LS \times CP$$

dimana:

- A = laju erosi ($\text{ton ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$);
R = faktor erosivitas hujan;
K = faktor erodibilitas tanah;
LS = faktor panjang dan kemiringan lereng;
CP = faktor tutupan lahan dan pengelolaan tanah.

Penentuan Faktor USLE, meliputi:

- 1) Faktor erosivitas hujan (R) dihitung menggunakan persamaan Bols berdasarkan data curah hujan bulanan, jumlah hari hujan, dan hujan maksimum 24 jam dari stasiun hujan di sekitar wilayah penelitian.
- 2) Faktor erodibilitas tanah (K) ditentukan berdasarkan jenis tanah menggunakan pendekatan nilai K FAO (1974).
- 3) Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) diperoleh dari analisis data DEM/SRTM untuk menghasilkan peta kemiringan lereng dan panjang lereng.
- 4) Faktor tutupan lahan dan pengelolaan tanah (CP) ditentukan berdasarkan hasil interpretasi citra satelit dan klasifikasi tutupan lahan.

Perhitungan erosi dilakukan melalui proses overlay raster dari peta R, K, LS, dan CP menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Nilai erosi yang dihasilkan kemudian diklasifikasikan menjadi lima kelas Tingkat Bahaya Erosi (TBE), yaitu sangat ringan, ringan, sedang, berat, dan sangat berat, berdasarkan nilai ambang erosi ($\text{ton ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$). Klasifikasi TBE digunakan untuk mengidentifikasi area prioritas konservasi tanah dan air di Sub DAS Tapung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai Erosi Tanah di Sub DAS Tapung Kanan

Hasil perhitungan laju erosi menggunakan metode Universal Soil Loss Equation (USLE) menunjukkan bahwa nilai rata-rata erosi di Sub DAS Tapung Kanan sebesar 320,52 ton/ha/tahun. Nilai ini tergolong tinggi dan menunjukkan bahwa sebagian wilayah Sub DAS Tapung Kanan telah mengalami tekanan erosi yang signifikan. Tingginya nilai erosi tersebut tidak berdiri sendiri, melainkan merupakan hasil interaksi antara faktor erosivitas hujan, karakteristik topografi, serta kondisi tutupan dan pengelolaan lahan.

Faktor erosivitas hujan (R) memberikan kontribusi besar terhadap besarnya nilai erosi karena wilayah Sub DAS Tapung Kanan berada pada zona iklim tropis basah dengan intensitas hujan yang relatif tinggi sepanjang tahun. Alewell *et al.* (2019) menyatakan bahwa pada DAS tropis, curah hujan tinggi dengan intensitas besar mampu meningkatkan energi kinetik hujan yang mempercepat proses penghancuran agregat tanah dan transportasi partikel tanah oleh aliran permukaan. Kondisi ini sejalan dengan hasil penelitian di DAS tropis lain di Indonesia yang menunjukkan bahwa nilai erosi meningkat seiring dengan meningkatnya faktor R.

Selain faktor hujan, nilai erosi yang tinggi juga dipengaruhi oleh dominasi penggunaan lahan berupa perkebunan, pertanian lahan kering, serta lahan terbuka. Tutupan lahan tersebut umumnya memiliki kemampuan perlindungan tanah yang lebih rendah dibandingkan hutan alami, sehingga meningkatkan nilai faktor C dan CP. Liastuti *et al.* (2018) melaporkan bahwa lahan perkebunan dan pertanian lahan kering tanpa penutup tanah yang memadai cenderung menghasilkan nilai erosi yang lebih tinggi dibandingkan lahan berhutan. Oleh karena itu, tingginya nilai erosi di Sub DAS Tapung Kanan dapat dijelaskan secara ilmiah sebagai akibat dari kombinasi curah hujan tinggi dan kondisi tutupan lahan yang kurang protektif.

Berdasarkan kondisi tersebut, rekomendasi yang dapat diberikan adalah penerapan konservasi tanah dan air pada area dengan nilai erosi tinggi, terutama melalui peningkatan penutup vegetasi, pengelolaan lahan mengikuti kontur, serta penerapan teknik konservasi vegetatif dan sipil teknis yang sesuai dengan kondisi lereng.

Indeks Erosivitas (R)

Hujan merupakan faktor utama penyebab erosi karena memiliki energi kinetik yang mampu memecah agregat tanah dan menghasilkan aliran permukaan yang mentransportasikan partikel tanah. Kemampuan hujan dalam menimbulkan erosi dikenal sebagai erosivitas hujan (Nurmansyah *et al.*, 2007). Pada Sub DAS Tapung Kanan, nilai erosivitas hujan (R) ditentukan berdasarkan data curah hujan

selama sepuluh tahun (2012–2021) yang dihimpun dari beberapa stasiun hujan, yaitu Stasiun Petapahan Baru, Kandis, Pinggir, Buatan, Siak, Pekanbaru.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai indeks erosivitas hujan di Sub DAS Tapung Kanan berkisar antara 1.733,81 hingga 2.591,85, dengan luasan terbesar berada pada kelas 2.162,83 seluas 107.397,89 ha (Tabel 1). Nilai ini tergolong tinggi dan mencerminkan karakteristik iklim tropis basah di wilayah DAS Siak. Tarigan dan Mardianto (2013) menyatakan bahwa semakin tinggi curah hujan dan intensitas hujan maksimum, maka nilai erosivitas hujan akan meningkat secara signifikan, sehingga kemampuan hujan untuk memicu erosi juga semakin besar.

Tabel 1. Indeks Erosivitas Sub DAS Tapung Kanan DAS Siak

No	Indeks Erosivitas	Luas (Ha)
1	1.733,81	15.799,83
2	1.948,32	75.079,18
3	2.162,83	107.397,89
4	2.377,34	33.557,37
5	2.591,85	365,10
Total		232.199,37

Secara spasial, sebaran nilai erosivitas hujan di Sub DAS Tapung Kanan relatif merata dan mengikuti pengaruh wilayah layanan masing-masing stasiun hujan (Gambar 2). Pola sebaran ini menunjukkan bahwa faktor hujan merupakan faktor pemicu erosi yang bersifat regional dan relatif tidak dapat dikendalikan. Oleh karena itu, pengendalian erosi di Sub DAS Tapung Kanan perlu difokuskan pada faktor lain yang dapat dikelola, seperti tutupan lahan dan praktik konservasi tanah (Alewell *et al.*, 2019).

3.1.1. Erodibilitas (K)

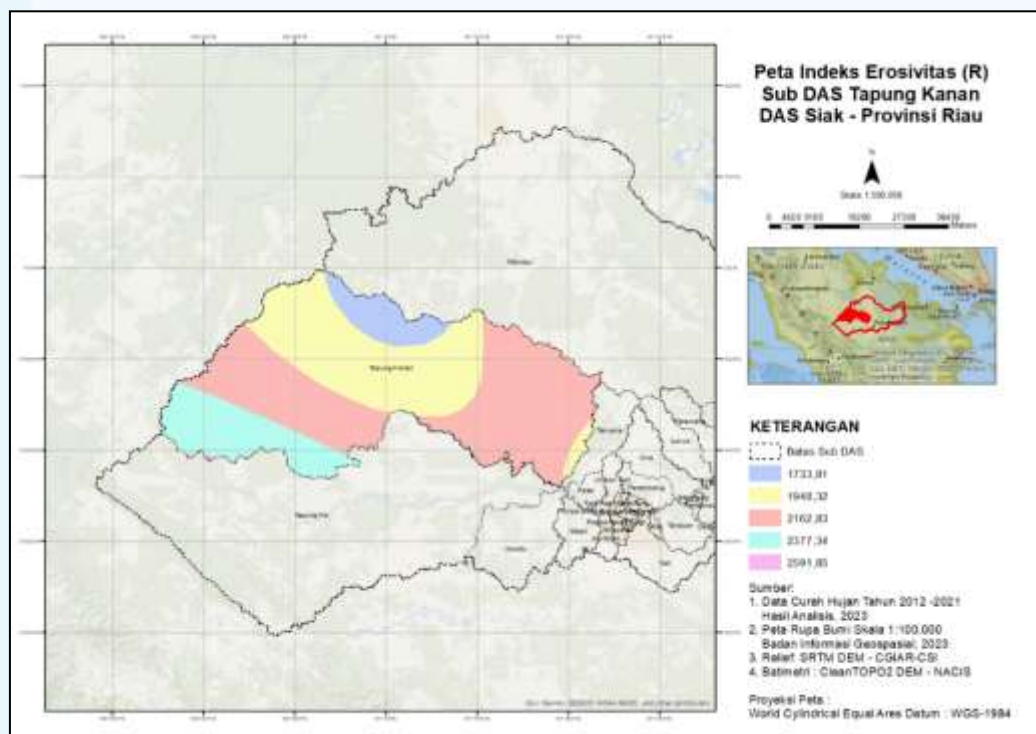
Erodibilitas tanah menunjukkan tingkat kepekaan tanah terhadap proses erosi, yang dipengaruhi oleh tekstur, struktur, kandungan bahan organik, dan permeabilitas tanah. Tanah dengan agregat halus umumnya lebih rentan terhadap pengelupasan, sedangkan tanah dengan agregat kasar memerlukan energi lebih besar untuk terangkut oleh aliran permukaan (Renard *et al.*, 2017).

Berdasarkan data FAO (1974), Sub DAS Tapung Kanan tersusun atas empat jenis tanah utama, yaitu *Dystric Fluvisols*, *Dystric Histosols*, *Ferric Acrisols*, dan *Orthic Acrisols*. Nilai indeks erodibilitas tertinggi terdapat pada *Dystric Histosols* ($K = 0,301$) dengan luas 34.650,60 ha, sedangkan nilai terendah terdapat pada *Ferric Acrisols* ($K = 0,107$) yang mendominasi wilayah Sub DAS Tapung Kanan dengan luas 117.732,64 ha (Tabel 2).

Tabel 2. Jenis Tanah dan Indeks Erodibilitas di Subdas Tapung Kanan DAS Siak

No	Jenis Tanah	Indeks Erodibilitas (K)	Luas (Ha)
1	Dystric Fluvisols	0,193	37.959,68
2	Dystric Histosols	0,301	34.650,60
3	Ferric Acrisols	0,107	117.732,64
4	Orthic Acrisols	0,166	41.856,44
Total			232.199,37

Dominasi tanah Acrisols dengan nilai K relatif rendah menunjukkan bahwa secara alami sebagian besar wilayah Sub DAS Tapung Kanan memiliki ketahanan tanah yang cukup baik terhadap erosi. Namun demikian, keberadaan tanah Histosols dan Fluvisols dengan nilai K yang lebih tinggi pada beberapa lokasi meningkatkan potensi erosi, terutama apabila dikombinasikan dengan lereng curam dan tutupan lahan yang kurang protektif. Kondisi ini sejalan dengan temuan Borrelli *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa tanah dengan nilai K tinggi akan meningkatkan laju erosi secara signifikan ketika faktor LS dan CP juga besar.



Gambar 2 Indeks erosivitas sub-das Tapung Kanan.

Faktor Tanaman & Pengelolaan Lahan (CP)

Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) merupakan faktor topografi yang berpengaruh langsung terhadap kecepatan dan volume limpasan permukaan. Semakin panjang dan curam suatu lereng, maka energi aliran permukaan akan meningkat sehingga kemampuan air dalam mengangkut partikel tanah juga semakin besar (Arsyad, 2016).

Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Sub DAS Tapung Kanan berada pada kelas lereng 0–8% (datar) dengan nilai LS 0,40 dan luas 182.593,66 ha. Namun demikian, terdapat pula area dengan lereng agak curam hingga sangat curam (>15%) seluas 22.302,86 ha, dengan nilai LS mencapai 9,50 pada lereng sangat curam (Tabel 3). Meskipun luasannya relatif kecil, area berlereng curam ini memiliki kontribusi besar terhadap peningkatan laju erosi.

Tabel 3. Indeks LS di Subdas Tapung Kanan

No	Kelas Lereng	Keterangan	Nilai LS	Luas (Ha)
1	0-8%	Datar	0,40	182.593,66
2	8-15%	Landai	1,40	27.303,84
3	15-25%	Agak Curam	3,10	15.602,86
4	25-40%	Curam	6,80	6.109,77
5	>40%	Sangat Curam	9,50	589,23
Total				232.199,37

Simajuntak, H, 2018

Keberadaan area berlereng curam ini menjelaskan mengapa pada lokasi tertentu di Sub DAS Tapung Kanan ditemukan tingkat bahaya erosi yang tinggi. Borrelli *et al.* (2017) menegaskan bahwa peningkatan nilai LS secara eksponensial akan meningkatkan laju erosi meskipun faktor lain relatif konstan. Oleh karena itu, area berlereng curam di Sub DAS Tapung Kanan perlu mendapatkan perhatian khusus dalam perencanaan konservasi tanah.

Faktor Tutupan Lahan dan Pengelolaan Tanah (CP)

Faktor CP mencerminkan pengaruh vegetasi, pengelolaan tanaman, dan praktik konservasi tanah terhadap besarnya erosi yang terjadi. Nilai CP yang tinggi menunjukkan rendahnya perlindungan tanah terhadap energi hujan dan aliran permukaan (Asdak, 2014).

Hasil analisis menunjukkan bahwa Sub DAS Tapung Kanan didominasi oleh perkebunan dengan luas 177.820,66 ha dan nilai CP 0,15, diikuti oleh pertanian lahan kering campur dan belukar rawa. Namun demikian, terdapat pula penggunaan lahan

dengan nilai CP sangat tinggi, seperti pertambangan, tanah terbuka, dan transmigrasi (CP = 0,95), meskipun luasannya relatif kecil (Tabel 4).

Tabel 4. Faktor Tutupan lahan dan Pengelolaan tanah (CP) di Subdas Tapung Kanan

No	Penutupan Lahan	CP	Luas (Ha)
1	Badan Air	0,004	238,13
2	Belukar Rawa	0,01	9.096,98
3	Hutan Tanaman	0,15	7.726,16
4	Pemukiman	0,3	4.151,44
5	Perkebunan	0,15	177.820,66
6	Pertambangan	0,95	1.983,28
7	Pertanian Lahan Kering	0,28	6.567,85
8	Pertanian Lahan Kering Campur	0,19	20.727,05
9	Tanah Terbuka	0,95	3.800,73
10	Transmigrasi	0,95	87,08
	Total		232.199,37

Keberadaan lahan dengan nilai CP tinggi ini berperan besar dalam meningkatkan laju erosi, terutama jika berada pada lereng curam. Liastuti *et al.* (2018) menyatakan bahwa lahan terbuka dan area pertambangan merupakan kontributor utama erosi di DAS tropis karena minimnya perlindungan vegetasi. Oleh karena itu, rehabilitasi tutupan lahan menjadi strategi kunci dalam menurunkan tingkat bahaya erosi di Sub DAS Tapung Kanan.

Nilai Erosi dan Tingkat Bahaya Erosi (TBE)

Hasil integrasi faktor R, K, LS, dan CP menunjukkan bahwa nilai rata-rata erosi di Sub DAS Tapung Kanan sebesar 320,52 ton/ha/tahun, yang tergolong tinggi. Klasifikasi tingkat bahaya erosi menunjukkan bahwa 47,70% wilayah berada pada kelas ringan dan 30,47% pada kelas sangat ringan, sedangkan sekitar 10,74% wilayah berada pada kelas berat dan sangat berat (Tabel 5).

Tabel 5. Tingkat Bahaya Erosi di Subdas Tapung Kanan

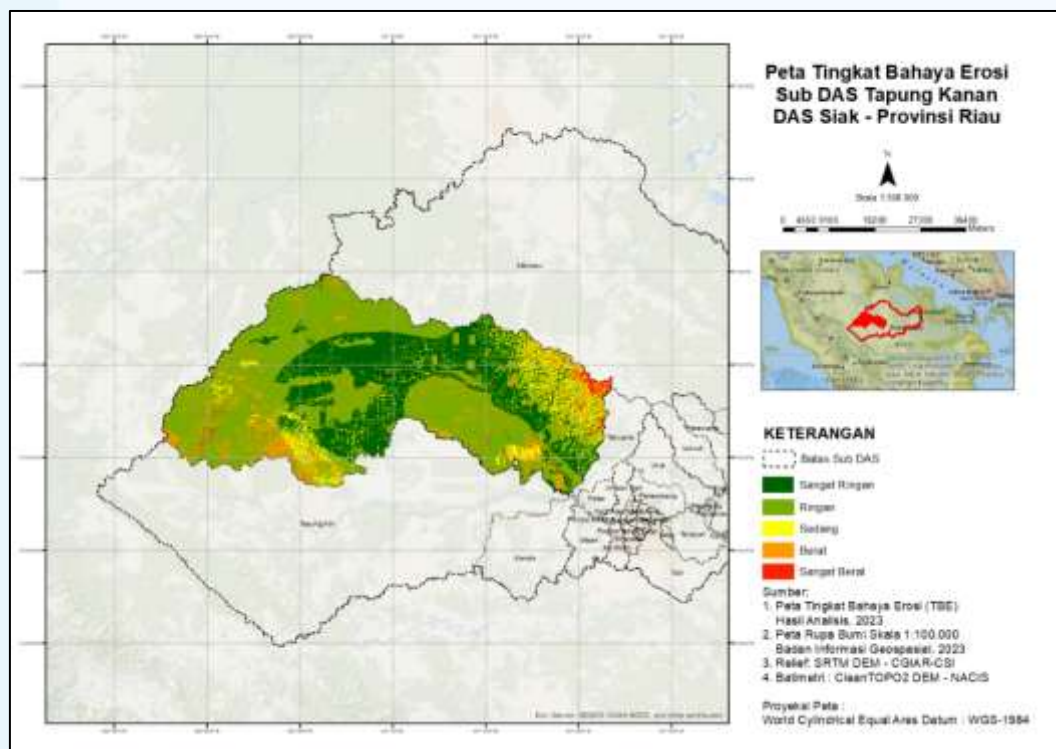
Kelas Bahaya Erosi	Tingkat Bahaya Erosi	Luas (Ha)	Persentase (%)
I	Sangat Ringan	70.749,91	30,47
II	Ringan	110.749,47	47,70
III	Sedang	25.776,37	11,10
IV	Berat	21.817,26	9,40
V	Sangat Berat	3.106,36	1,34
	Total	232199,4	100

Keberadaan TBE berat dan sangat berat menunjukkan bahwa meskipun secara umum kondisi Sub DAS Tapung Kanan relatif baik, terdapat area tertentu yang mengalami tekanan erosi tinggi. Area ini umumnya berada pada kombinasi lereng curam dan tutupan lahan dengan nilai CP tinggi. Temuan ini konsisten dengan penelitian Sutrisno *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa konversi lahan dan aktivitas manusia pada lereng curam merupakan faktor utama peningkatan TBE di DAS prioritas.

Pada area dengan TBE berat dan sangat berat, faktor erosivitas hujan dan erodibilitas tanah bersifat alami dan sulit diubah, sedangkan faktor tutupan lahan dan kelerengan masih dapat dikelola. Oleh karena itu, penerapan konservasi tanah dan air seperti terasering, penanaman tanaman penutup tanah, agroforestri, serta rehabilitasi lahan terbuka dan bekas tambang direkomendasikan untuk menurunkan tingkat bahaya erosi.

Sebaran Tingkat Bahaya Erosi

Sebaran tingkat bahaya erosi di Sub DAS Tapung Kanan menunjukkan bahwa wilayah tengah Sub DAS umumnya berada pada kelas sangat ringan hingga sedang, sedangkan kelas berat dan sangat berat terkonsentrasi pada wilayah perbatasan dengan Sub DAS Tapung Kiri, Mandau, dan Takuana (Gambar 3). Pola ini menunjukkan bahwa tekanan erosi cenderung meningkat pada area transisi dan wilayah dengan aktivitas pemanfaatan lahan yang lebih intensif.



Gambar 3 Tingkat bahaya erosi di sub-DAS Tapung Kanan.

Sebaran spasial TBE ini menegaskan pentingnya pendekatan konservasi berbasis wilayah, di mana area dengan TBE berat dan sangat berat diprioritaskan sebagai zona konservasi. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip pengelolaan DAS berkelanjutan yang menekankan pengendalian erosi di hulu untuk menjaga fungsi hidrologis di hilir (Asdak, 2014).

KESIMPULAN

Nilai rata-rata erosi di Subdas Tapung Kanan adalah 320,52 Ton/Ha/Tahun, sebagian besar wilayah Subdas Tapung Kanan berada pada tingkat Ringan (47,7 %) dan sangat ringan (30,47 %). Sebagian besar wilayah tengah Subdas ini berada pada tingkat sangat ringan, ringan dan sedang. Sedangkan TBE kategori berat dan sangat berat terdapat pada wilayah perbatasan dengan subdas Tapung Kiri, Mandau dan Takuana. Hasil analisis dan identifikasi tutupan lahan serta tingkat lereng lahan dapat disarankan agar dapat diterapkan konservasi tanah dan air baik berupa sipil teknis, vegetatif maupun kombinasi kedua nya dapat diterapkan pada area-area tersebut agar kondisi TBE di Subdas Tapung Kanan dapat diperbaiki.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, I., Simanjuntak, B.H. (2018). Penilaian Status Kesuburan Tanah dan Pengelolaannya, di Kecamatan Karanggede, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. *Fakultas Pertanian Dan Bisnis UKSW*, 255–264.
- Alewell, C., Borrelli, P., Meusburger, K., & Panagos, P. (2019). Using the USLE: Chances, challenges and limitations of soil erosion modelling. *International Soil and Water Conservation Research*, 7(3), 203–225. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.05.004>
- Arsyad, S. (2016). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Asdak, C. (2014). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Fleischer, L. R., Lugato E., Ballabio C., Alewell C., Meusburger K., Modugno S., Schutt B., Ferro V., Bagarello V., Oost KV., Montanarella L., Panagos P. (2017). An assessment of the global impact of

- 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications*, 8, 2013. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>
- FAO/UNESCO. (1974). *Soil Map of the World, Volume I*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Hudson, HW. 1976. Soil Conservation. Badfort, London. 4 Printing.
- Liastuti P, Chandra TO, Widiarso B. (2018). Prediksi Erosi Dengan Metode Usle Di Perkebunan Kelapa Sawit Ptpn Xiii Gunung Meliau Kecamatan Meliau Kabupaten Sanggau. *Perkebunan dan Lahan Tropika*, 8(2): 67-79. <http://dx.doi.org/10.26418/plt.v8i2.29800>
- Nurmansyah S, Ambar K dan Kaharudin 2007. Dampak Kepariwisata Terhadap Erosi Di Kawasan Wisata Kaliurang. *Jurnal Ilmu Kehutanan* 1 (1) : 40-46.
- Nurmansyah, S., Ambar, K., & Kaharudin. (2007). Dampak kepariwisataan terhadap erosi di kawasan wisata Kaliurang. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 1(1), 40–46.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., & Yoder, D. C. (2017). *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Washington, DC: USDA Agriculture Handbook.
- Simanjuntak, H. (2018). Analisis pengaruh kemiringan lereng terhadap laju erosi tanah berbasis SIG. *Jurnal Geografi dan Lingkungan*, 5(2), 45–56.
- Sutrisno, B., Widiatmaka, & Munibah, K. (2022). Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap tingkat bahaya erosi pada DAS prioritas. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 12(1), 45–56. <https://doi.org/10.29244/jpsl.12.1.45-56>
- Tarigan, D. R., & Mardianto, D. (2013). Pengaruh erosivitas hujan dan topografi terhadap kehilangan tanah pada erosi alur. *Jurnal Teknik Sipil*, 20(2), 101–110.
- Wischmeier, W.H.& Smith DD. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning, USDA Agriculture. Handbook No. 37.