Vol 6, No. 1, Mei 2025

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

STRATEGI KONSERVASI BERKELANJUTAN UNTUK MENGENDALIKAN EROSI DAN SEDIMENTASI DI DAS KRUENG PEUTO (*INTEGRATED SUSTAINABLE CONSERVATION STRATEGIES TO MITIGATE EROSION AND SEDIMENTATION IN THE KRUENG PEUTO RIVER BASIN*)

Ahmad Reza Kasury[1)], Zaitun Humaira [1)], Fitri Zaitun Nurnalisa[1)] Istiqfarah[2)]

[1)]*Departemen Teknik Sipil , Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, 23111, Indonesia*

[2)]*PT. Global Parasindo , Banda Aceh, 23232, Indonesia*

email: ahmadrezakasury@usk.ac.id[1)*], zaitun.humaira@usk.ac.id[1)], fitrizaitunnurnalisa@usk.ac.id[1)], istiqfarah05@gmail.com[2)]

Abstrak

Penelitian ini mengevaluasi dampak perubahan komoditas terhadap sedimentasi di sunagi Kr. Peuto. Konversi perkebunan kakao dan karet ke perkebunan sawit telah menyebabkan peningkatan laju erosi. Erosi di DAS Kr. Peuto menyebabkan peningkatan sedimentasi di sungai. Penelitian ini mengidentifikasi faktor utama yang menyebabkan peningkatan erosi, termasuk perubahan vegetasi, curah hujan, dan karakteristik tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi konservasi berbasis agroforestri, penanaman vegetasi penutup tanah, dan pengelolaan drainase yang lebih baik dapat mengurangi dampak negatif alih fungsi lahan. Selain itu, peran pemangku kepentingan dalam menerapkan kebijakan konservasi yang berkelanjutan sangat diperlukan. Upaya konservasi dapat mencakup penerapan sistem terasering di lahan miring, pembuatan zona penyangga vegetasi di sepanjang sungai, dan penggunaan metode pertanian berkelanjutan. Strategi ini dapat meningkatkan ketahanan lingkungan serta mengurangi risiko banjir dan degradasi ekosistem di DAS Kr. Peuto. Konservasi jangka panjang yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan akan menciptakan keseimbangan antara kebutuhan ekonomi masyarakat dan keberlanjutan ekosistem DAS Kr. Peuto. Keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan lingkungan untuk memastikan efektivitas langkah-langkah konservasi yang diterapkan merupakan faktor utama. Kesadaran akan dampak lingkungan dari perubahan tata guna lahan perlu ditingkatkan melalui program edukasi dan pelatihan bagi masyarakat setempat untuk menjamin praktik-praktik berkelanjutan dapat diterapkan secara luas kepada seluruh stake holder di DAS Kr. Peuto.

Kata kunci: *Perubahan komoditas perkebunan, sedimentasi, erosi lahan, strategi konservasi*

Abstract

This study analyzes the impact of commodity conversion on sedimentation in the Kr. Peuto River. The transition from cocoa and rubber plantations to oil palm plantations has significantly increased erosion rates, leading to higher sediment deposition in the

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

watershed. Contributing factors include changes in plantation commodities, rainfall intensity, and soil characteristics. The findings emphasize the importance of conservation strategies such as agroforestry-based land management, soil cover vegetation, and improved drainage systems to mitigate the negative effects of land-use changes. Stakeholder involvement is crucial for implementing sustainable conservation policies effectively. Recommended measures include terracing on sloped land, riparian buffer zones, and sustainable agricultural practices to enhance environmental resilience, reduce flood risks, and prevent further degradation. Long-term conservation efforts engaging multiple stakeholders are essential to balancing economic growth and ecological sustainability. Additionally, active community participation in environmental management ensures the effectiveness of conservation initiatives. Raising awareness about land-use change impacts through targeted education and training programs can facilitate the adoption of sustainable practices. Implementing modern monitoring technologies for erosion and sedimentation is also critical for maintaining watershed stability. Strengthening policy frameworks and encouraging collaboration among government agencies, local communities, and researchers can further support sustainable watershed management in the Kr. Peuto CA.

Keywords: *Plantation commodity changes, sedimentation, soil erosion, conservation strategies*

1. Latar Belakang

Alih fungsi lahan di daerah tangkapan hujan (DTH) berdampak simultan dan berlangsung dalam jangka panjang. Cantik et al. (2024) dalam penelitian tentang strategi pengendalian banjir menyatakan bahwa parameter lahan berpengaruh signifikan terhadap pengendalian banjir. Sementara itu, Gusma et al. (2023) menjelaskan bahwa peningkatan laju erosi lahan berpotensi meningkatkan sedimentasi di sungai. Proses angkutan sedimen dari lahan ke badan air dipengaruhi oleh karakteristik topografi dan penggunaan lahan. Sedimentasi yang berkelanjutan menyebabkan penurunan kapasitas tampung sungai, memicu perubahan morfologi dasar sungai, serta meningkatkan risiko banjir (Habel et al., 2021). Dampak ini berpotensi membahayakan manusia, infrastruktur, dan keseimbangan ekosistem (Ennaji et al., 2024).

Berdasarkan laporan Dinas Pengairan Aceh (2022), banjir tahunan di Sungai Kr. Peuto selama dekade terakhir telah merendam beberapa desa, seperti Desa Meunasah Kumbang, Geulumpang, Meunasah Meucat, Meunasah Rayeuk, dan Krueng. Pertemuan Sungai Kr. Peuto dengan Kr. Kereuto terletak di hilir Bendungan Kereuto. Oleh karena itu, bendungan tersebut tidak efektif dalam mengurangi banjir dari Sungai Kr. Peuto.

Salah satu penyebab utama peningkatan sedimentasi di Sungai Kr. Peuto adalah alih fungsi lahan hulu menjadi perkebunan kelapa sawit. Intensitas alih fungsi ini cenderung meningkat dari waktu ke waktu. Azmeri et al. (2024) menyebutkan bahwa hal ini berpotensi meningkatkan sediment yield akibat peningkatan limpasan puncak. Selain itu, laju erosi yang tinggi berpotensi menyebabkan akumulasi sedimen di sungai. Pendangkalan sungai dalam jangka waktu tertentu dapat menurunkan kapasitas tampung sungai dan memicu overtopping aliran banjir.

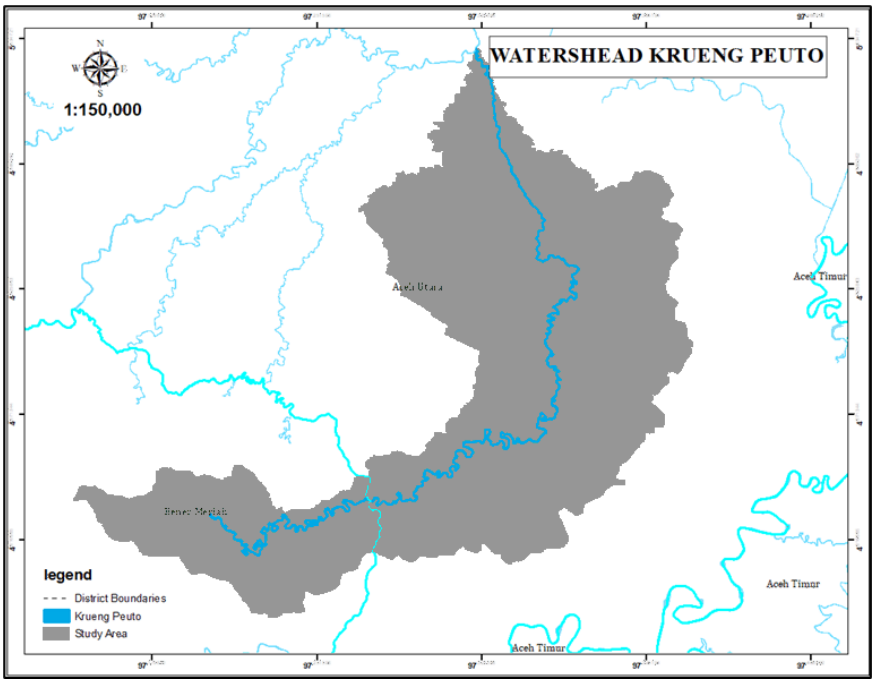
Penelitian ini menganalisis laju erosi lahan menggunakan metode Soil Conservation Service (SCS) dengan perangkat ArcSWAT. ArcSWAT merupakan model terdistribusi komprehensif yang banyak diaplikasikan dalam studi sumber daya air dan lingkungan. Model ini digunakan untuk mensimulasikan praktik pengelolaan lahan, mengevaluasi dampaknya terhadap ketersediaan air (termasuk pengaruh perubahan iklim), serta menilai polusi di daerah aliran sungai (Ostad-Ali-Askari, 2022).

2. Metode Penelitian

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di DAS Kr. Peuto (5°01’48.03”LU–97°19’14.44”BT hingga 4°55’99.14”LS–97°27’66.67”BT) seluas 286,8 km². Sungai Kr. Peuto berhulu di Kabupaten Bener Meriah dan berhilir di Aceh Utara, bermuara ke Kr. Kereuto. Sungai Kr. Peuto memiliki hulu di Kabupaten Bener Meriah dan hilir di Kabupaten Aceh Utara. dan merupakan salah satu anak sungai Kr. Kereuto. Penelitian dilakukan dengan membandingkan pengukuran sedimen di hilir serta lembah sungai Kr. Peuto dengan estimasi erosi lahan. DAS Kr. Peuto disajikan dalam gambar berikut:



Gambar 1. DAS Kr. Peuto

2.2. Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan dengan membanding antara sedimentasi di sungai dengan prediksi erosi lahan yang terjadi. Data sedimen yang digunakan adalah data tahun 2010, 2022 (Dinas Pengairan, 2022) dan 2024. Data perubahan lahan yang digunakan adalah data tata Penelitian dilakukan pada DAS Krueng Peuto menggunakan data yang bersumber dari pemerintahan yang diperoleh melalui citra satelit. Data-data yang digunakan untuk penelitian ini diantaranya:

1. **Data hujan**, bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sumatera-I (BWS) periode pencatatan 2011 – 2024. Data curah hujan yang digunakan berasal dari 5 stasiun pengukur hujan yaitu Stasiun Malikussaleh, Blang Pante, Alur Gading, Panton Labu, dan Jambo Ayee. Kemudian data curah hujan tersebut dianalisis berdasarkan wilayah jatuhnya hujan menggunakan polygon thiessen. Data curah hujan yang digunakan berupa curah hujan harian maksimum tahunan dalam satuan mm.
2. ***Digital Elevation Model* (*DEM*),** bersumber dari citra satelit yang bersumber dari website DEM Nasional. Data DEM digunakan untuk memperoleh data topografi dan penentuan batas DAS. Data yang digunakan memiliki resolusi spasial 0,27 detik busur atau 8,1 meter dengan menggunakan datum vertikal EGM2008.

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

3. **Peta jenis tanah Aceh tahun 2019** diperoleh dari wabsite Aceh Web GIS Portal. Peta jenis tanah digunakan untuk memperoleh faktor erodibilitas tanah (*K*);
4. **Peta tutupan lahan Aceh tahun 2007 dan 2024** bersumber dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Peta ini untuk mendapatkan penggunaan lahan pada DAS Krueng Peuto sebagai faktor penggunaan dan pengolahan lahan (*CP*);

2.3. Perhitungan Erosi Lahan

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak ArcSWAT versi 2012.10.19 untuk menganalisis perubahan lingkungan, karakteristik tanah, dan penggunaan lahan. Model ini mengintegrasikan parameter-parameter kunci yang diperlukan dalam perhitungan erosi, seperti topografi, tutupan vegetasi, dan kondisi hidrologi. Perhitungan erosi lahan dilakukan dengan metode Universal Soil Loss Equation (USLE), sementara analisis perubahan laju erosi akibat alih fungsi lahan dievaluasi menggunakan Soil and Water Assessment Tool (SWAT).

SWAT adalah model hidrologi berbasis fisik yang mampu mensimulasikan dinamika aliran air, erosi, transportasi sedimen, dan kualitas air dalam suatu daerah aliran sungai (DAS). Dalam konteks penelitian ini, model SWAT diaplikasikan untuk memprediksi dampak skenario perubahan lahan terhadap sedimentasi di DAS Kr. Peuto. Hasil simulasi laju sedimentasi tahunan divisualisasikan dalam bentuk peta spasial yang menggambarkan distribusi sediment yield (Ostad-Ali-Askari, 2022). Perhitungan erosi dengan menggunakan SCS dilakukan dengan persamaan:

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - I_a)^2}{(R_{day} - I_a + s)} \quad (1)$$

Keterangan :

Q_{surf} = limpasan permukaan atau tambahan curah hujan (mm);
R_{day} = kedalaman hujan (mm/hari);
I_a = kehilangan yang terjadi karena limpasan permukaan atau penyebaran sebelum tambahan (mm);
s = kapasitas tampungan tanah (mm).

Perubahan parameter penyimpanan (*s*) disebabkan oleh jenis tanah, pengolahan lahan, karakteristik tanah. Oleh karena itu, *s* dapat dituliskan dalam bentuk persamaan:

$$s = 25.4 \frac{1000}{CN} - 10 \quad (2)$$

Dengan asumsi nilai I_a sebesar 0.25, maka Pers. (1) dapat dituliskan menjadi:

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - 0.25.s)^2}{(R_{day} + 0.8.s)} \quad (3)$$

Limpasan permukaan (Q_{surf}) hanya akan terjadi bila $R_{day} > I_a$. Kurva SCS menggambarkan tiga situasi kelembapan, yaitu: CN_1 (kering), CN_2 (moderat atau sedang) dan CN_3 (basah). Nilai CN_2 merupakan asumsi yang biasa digunakan dalam perhitungan *initial runoff*. CN_2 digunakan dalam perhitungan SWAT untuk menentukan jumlah air yang meresap ke dalam tanah atau mengalir sebagai *runoff*. Nilai CN_3 mewakili kondisi tanah sangat basah (III) atau kondisi kapasitas infiltrasi tanah lebih kecil. Pada kondisi CN_3, limpasan yang terjadi lebih banyak dibandingkan dengan kondisi lainnya. Pada kondisi kering atau moderat, nilai *CN* dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$CN_1 = CN_2 - \frac{20.(100 - CN_2)}{(100 - CN_2 + exp[2.533 - 0.0636(100 - CN_2)])} \quad (4)$$

$$CN_3 = CN_2.exp[0.00637(100 - CN_2)] \quad (5)$$

Nilai *CN* untuk beragam pola yang heterogen dapat dituliskan dalam bentuk persamaan (Ascough, Baffaut, Nearing, & Flanagan, 1995):

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

$$CN_{2s} = \frac{(CN_3 - CN_2)}{3} \times [1 - 2exp(-13.86.slp)] + CN_2 \quad (6)$$

Pada Pers (6) CN_{2s} = *Curve Number* yang disesuaikan berdasarkan kemiringan tanah (*Slope-Adjusted Curve Number*); CN_3 = *Curve Number* untuk kondisi kelembaban tanah sangat basah, CN_2 = *Curve Number* untuk kondisi kelembaban tanah normal atau moderat; *slp* = kemiringan lahan dalam desimal (contoh: 5% = 0.05); exp(-13.86×*slp*) = fungsi eksponensial yang mengatur pengaruh kemiringan terhadap *CN*.

Pada penelitian ini, perubahan penggunaan lahan berkonstribusi terhadap laju erosi yang terjadi. Transportasi laju erosi di lahan dihitung berdasarkan waktu konsentrasi yang terjadi pada masing-masing satuan peta lahan. Waktu konsentrasi aliran permukaan (overland flow time) dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$t_{ov} = \frac{L_{slp}}{3600.v_{ov}} \quad (7)$$

Keterangan :

t_{ov} = waktu tempuh aliran permukaan (dalam jam);
L_{slp} = panjang lintasan aliran permukaan (meter);
v_{ov} = kecepatan aliran permukaan (m/d), 3600 = konversi dari detik ke jam.

Kecepatan aliran air yang terjadi di permukaan tanah dihitung dengan menggunakan persamaan Manning sebagai berikut:

$$v_{ov} = \frac{q_{ov}^{0.4} ov^{\text{slp}^{0.8}}}{n^{0.6}} \quad (8)$$

Keterangan :

vov = kecepatan aliran permukaan (m/s);
qov = debit aliran permukaan per unit lebar (m²/s);
slp = kemiringan lahan (dalam desimal, misalnya 5% = 0.05);
n = *koefisien kekasaran permukaan (Manning's roughness coefficient).*

Nilai *n* menunjukkan hambatan permukaan terhadap aliran air. Pada ArcSWAT, nilai *n* diasumsikan berada pada 0.05-0,2 (Di Luzio, Srinivasan, Arnold, & Neitsch, 2002).

$$v_{ov} = \frac{0.05.L_{slp}^{0.4} \times slp^{0.8}}{n^{0.6}} \quad (9)$$

$$t_{ov} = \frac{L_{slp}^{0.6} \times n^{0.6}}{18.slp^{0.8}} \quad (10)$$

Dengan menggunakan Pers. (10), Pers. (9) dapat ditulis menjadi

$$v_{ov} = \frac{1}{n}.R^{2/3}.\sqrt{slp} \quad (11)$$

Sehingga:

$$q = R^{5/3}.\frac{1}{n}.\sqrt{slp} \quad (12)$$

Dan :

$$n = R^{5/3}.\sqrt{slp}.q^{-1} \quad (13)$$

Pada aliran di lahan, *R* merupakan kedalaman hujan yang menyebabkan limpasan permukaan. Kedalam hujan yang menyebabkan limpasan di DAS Kr. Peuto sebesar 6.49 mm/hari (Dinas Pengairan, 2022). Bila *slp* = *S*, maka:

$$Sed = 11.8 \times \left(Q_{surf} \times q_{peak} \times A_{HRU}\right)^{0.56} \times K \times CP \times L \times S \times n \quad (14)$$

Keterangan :

Sed = beban sedimen yang terangkut (tons/ha);
R = jari-jari hidraulis;
Q_{surf} = limpasan permukaan (mm);
q_{peak} = debit puncak aliran (m³/s);
AHRU = luas *Hydrologic Response Unit* (ha);
K = faktor erodibilitas tanah dari *USLE;*
CP = faktor vegetasi dan pengelolaan tanah;
L = faktor panjang lereng;

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

S = faktor kemiringan lereng;
n =koefisien distribusi limpasan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Runoff Factor

Pada penelitian ini, faktor limpasan permukaan ditentukan berdasarkan debit puncak dan hujan yang menyebabkan erosi. Hasil perhitungan memperlihatkan kedalaman hujan maksimum pada tahun yang ditinjau berfluktuasi. Data tahun 2010 atau sebelumnya menunjukkan kedalaman hujan yang lebih tinggi dibandingkan dengan data setelah tahun 2010. Nilai yang digunalan adalah nilai pada tahun yang dianalisis diasjikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Runoff factor DAS Krueng Peuto

Year	***R*** **(mm/d)**	q_{peak} **(m^3/s)**	Q_{surf} **(m^3)**
2007	50,00	295.2	9,29
2010	70,00	338,7	11.22
2019	75,00	460.8	13.58
2022	83,00	530.8	14.02
2024	183,00	1,128	27.82

Tabel 1 memperlihatkan terjadinya peningkatan run off factor di DAS Kr. Peuto. Peningkatan hujan maksimum paling besar terjadi pada periode pencatatan 2024 dibandingkan dengan periode 2022. *Runoff factor* merupakan perbandingan nisbah hujan-aliran permukaan tidak terinfiltrasi ke dalam tanah. Faktor ini ditentukan oleh durasi hujan, karakteristik tetesan hujan dan intensitas hujan. Selain itu, Runoff factor ditentukan juga oleh karakteristik DAS.

***Crop Management And Support Practice Factor* (*CP*)**

Aktivitas manusia dalam mengelola tanaman dan menggunakan lahan juga dalam hal konsevasi dan vegetasi disebut faktor *CP*. Variabel *CP* dianalisis berdasarkan perubahan penggunaan tahun 2007, 2019 dan 2024. Data penggunaan lahan tahun 2019 menjadi data utama karena sudah dikalibrasi lapangan. Klasifikasi penggunaan lahan dan tanaman DAS Kr. Peuto terdapat dalam Tabel 2 dan Gambar 2.

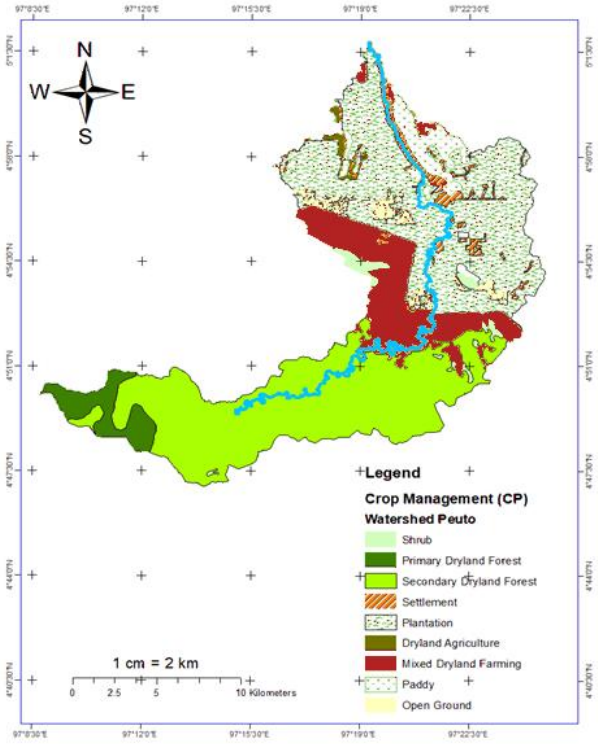
Tabel 2. *Crop management and support practice factor* (*CP*) DAS Krueng Peuto

No	**Land cover**	**CP**	**2007**		**2019**		**2024**	
			Luas (Ha)	**%**	**Luas (Ha)**	**%**	**Luas (Ha)**	**%**
1	*Shrub*	0.22	636.66	2.2	466.60	1.63	473.19	1.65
2	*Primary dryland forest*	0.04	1,663.35	5.8	1,261.53	4.40	1,204.49	4.20
3	*Secondary dryland forest*	0.04	12,308.77	42.9	10,225.28	35.65	10,530.71	36.72
4	*Settlement*	0.22	745.64	2.6	857.55	2.99	863.22	3.01
5	*Plantation*	0.15	5,793.04	20.2	9,473.31	33.03	9,610.13	33.51
6	*Dryland agriculture*	0.34	1,548.63	5.4	151.63	0.53	146.26	0.51
7	*Mixed dryland farming*	0.34	3,189.04	11.1	4,209.08	14.68	4,072.33	14.20
8	*Paddy field*	0.04	1,978.81	6.9	1,219.46	4.25	1,175.81	4.10
9	*Open ground*	0.43	739.78	2.6	739.78	2.58	573.57	2.00
10	*Undefined*	0.00	74.22	0.3	74.22	0.26	28.68	0.10

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

Jumlah	100.0	100.0	100.0

Berdasarkan pola penggunaan lahan di DAS Kr. Peuto, tidak terjadi perubahan signifikan terhadap penggunaan lahan selama periode tahun 2007 sampai tahun 2024. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi di DAS Kr. Peuto adalah perubahan komoditas yang dikembangkan. Hasil survey lapangan pada DAS Kr. Peuto di Kecamatan Lhokseukon, penggunaan lahan di plantation mengalami perubahan. Data tahun 2007 memperlihatkan 64.6% perkebunan di tanami dengan kakao, karet dan pinang. Sementara 35.4% merupakan perkebunan sawit. Data tahun 2019 memperlihatkan peningkatan kebun sawit menjadi 54.92% dari seluruh perkebunan di DAS Kr. Peuto.



Gambar 2. Peta penggunaan lahan DAS Kr. Peuto tahun 2019

Soil Erodibility Factor (*K*)

Erodibilitas tanah merupakan nisbah resistensi partikel-partikel tanah terhadap pelepasan butiran tanah dan perpindahan partikel oleh energi tetesa hujan. Distribusi nilai erodibilitas tanah DAS Krueng Pueto dapat dilihat pada Tabel 3 dan pada Gambar 3.

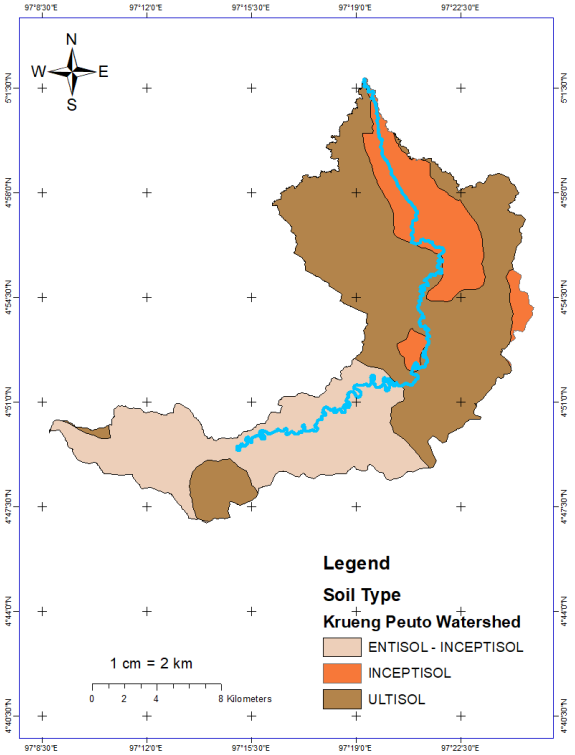
Tabel 3. Soil Erodibility Factor (K) DAS Krueng Peuto

No	Jenis tanah	Luas (ha)	K	Persentage (%)
1	*Entisol*	8,850.10	0.19	31%
2	*Incetisol*	4,378.10	0.23	15%
3	*Ultisol*	15,450.23	0.16	54%
	Jumlah	28,678.43		100

Berdasarkan Tabel 2 terdapat 2 jenis tanah pada DAS Kr. Peuto dengan luasnya masing-masing. Berdasarkan peta jenis tanah dengan luas DAS 286.78 Km^2 (28,678.40 ha). DAS Kr. Peuto didominasi oleh tanah ultisol. Ultisol adalah tanah yang telah bereaksi menjadi pelapukan tingkat lanjut berwarna merah kekuningan dan ada timbunan liat di horison bawah. Ultisol diakumulasikan oleh tanah liat yang kurang optimal dalam proses

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

penyerapan aliran permukaan sehingga lebih retan terhadap erosi (Prasetyo & Suriadikarta, 2006). Tanah ultisol pada umumnya bersifat padat. Hal ini disebabkan karena tanah ultisol memiliki pori aerasi dan indeks stabilitas rendah. Derajat agresi rendah dan kemantapan agregat lemah, yang menyebabkan tanah rendan (susceptible) terhadap erosi.



Gambar 3. Peta jenis tanah DAS Kr. Peuto

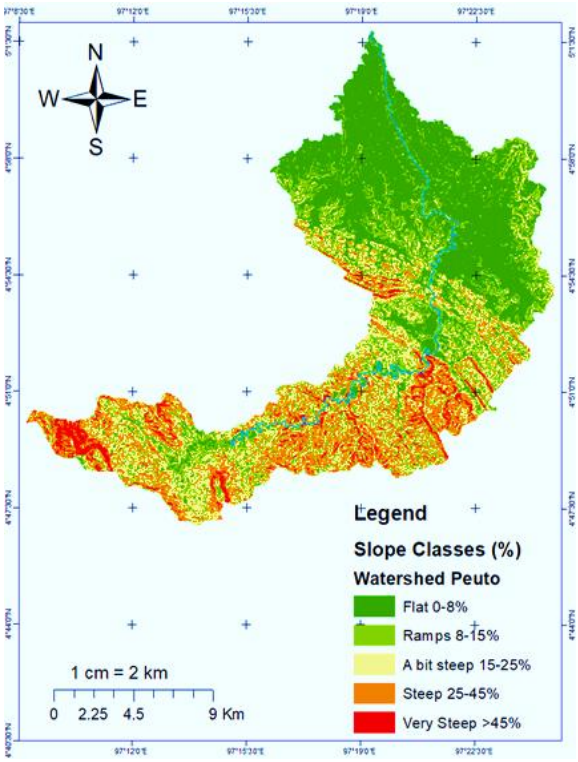
Slope Length And Steepness Factor (*LS*)

Analisis faktor panjang kelerengan menggunakan data DEM. Sebaran kemiringan DAS Sungai Krueng Peuto dominan berada kemiringan pada 0–8% sebanyak 39.8% yang dominan di sisi hilir DAS. Topografi dengan kemiringan ini juga terdapat di hulu dan bagian tengah DAS, namun dominan tersebar di dekat badan air (sungai). Sedangkan persentase terendah sebesar 4.8% berada pada kemiringan sangat curam yang terletak di daerah hulu DAS. Hasil intepretasi DEM dalam bentuk peta dan tabel sebaran panjang kelerengan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. *Slope length and steepness factor* (*LS*) DAS Kr. Peuto

No	Topografi	Kemiringan(%)	Luas (Ha)	LS	Persentage (%)
1	Datar	0-8	11,408.65	0.4	39.8
2	Landai	8-15	5,273.17	1.4	18.4
3	Agak Curam	15-25	5,150.93	3.1	18
4	Curam	25-40	5,466.62	6.8	19.1
5	Sangat Curam	>40	1,379.05	9.5	4.8
	Jumlah		28,678.43		100

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421



Gambar 4. Peta kemiringan lereng DAS Kr. Peuto

Faktor *LS* menunjukkan tingkat kelepasan tanah pada dasarnya ditentukan oleh gaya tarik bumi (vertikal) dan gaya geser (panjang lereng). Pada lereng yang datar gaya tarik bumi bekerja secara keseluruhan sehingga tidak terjadi pergeseran antara partikel-partikel tanah dengan aliran limpasan. Pada lereng yang curam terdapat gaya tarik dan gaya geser yang menyebabkan material lapuk terlepas bergerak menuju ke tempat yang rendah. Slope curam pada hulu DAS Kr. Peuto berpotensi menghasilkan erosi lahan yang tinggi. Konffigurasi slope di hulu yang curam dengan curah hujan yang tinggi berpotensi meningkatkan sedimentasi di sungai Kr. Peuto.

Analisis angkutan sedimen empiris

Analisis angkutan sedimen dilakukan menggunakan dua tahap, yakni perhitungan angkutan sedimen untuk pengukuran lapangan menggunakan rumus empiris dan perhitungan prediksi angkutan sedimen untuk debit periode ulang menggunakan aplikasi HEC-RAS (Kwon et al., 2008). Perhitungan angkutan sedimen empiris dilakukan menggunakan metode *Eungland-Hansen* sesuai dengan karakteristik data yang diperoleh. *Englund-Hansen* (1972) menerapkan konsep dan prinsip persamaan sedimen dasar:

$$g_b = \frac{86400}{2000} G \quad (15)$$

$$G = 0{,}05\ \gamma_s\ V^2 \sqrt{\frac{d_{50}}{g[\frac{\gamma_s}{\gamma}-1]}} [\frac{\tau_0}{(\gamma_s-\gamma)d_{50}}]^{3/2} \quad (16)$$

Keterangan:

g_b = *total suspended sediment* (ton/day);
G = *total sediment* (lb/s);
γ_w = *density of water* (g/m^3);
G_s = *specific gravity* (g/cm^3);
d_{50} = diameter median (mm);
τ_0 = *shear stress* (N/s^2);
V = *velocity* (m/s), B= lebar sungai (m).

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

Angkutan sedimen melayang dihitung menggunakan Metode Sesaat berdasarkan hasil pengukuran langsung debit air dan konsentrasi sedimen (Saud, 2008). Angkutan sedimen melayang dihitung dengan menggunakan parameter debit aliran (Qw) dalam m^3/det, yang dikombinasikan dengan kosentrasi sedimen (*Cc*) dalam mg/lt, yang menghasilkan debit sedimen dalam ton/hari, menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{suspendid} = K \times Q \times C_c \quad (17)$$

Keterangan :

$Q_{suspendid}$ = debit sedimen (*sediment transport*) (ton/hari);
Q = debit aliran (m^3/det);
Cc = konsentrasi sedimen (mg/lt);
K = faktor perubahan unit (0.0864).

Pada penelitian ini, data hidrometri yang digunakan merupakan data pengukuran tahun 2010, 2022 dan 2024. Data-data diasumsikan dapat mewakili data perubahan tataguna lahan yang dianalisis. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk Tabel 5.

Tabel 5. *Data profile Sungai dan distribusi sedimen Kr. Peuto River Basin*

Year	**2010**		**2022**		**2024**	
Lebar atas (m)	7.8	9.42	8.4	18.32	13.4	40.4
Kedalam sungai (m)	1.84	3.07	1.62	4.62	2.43	4.56
Debit (m3/s)	3.22	11.22	4.44	271.60	9.28	556.40
TSS (mg/L)	10.50	84.00	14.25	114.00	13.75	110.00
d50 (mm)	1.05	1.05	0.82	0.82	1.1	1.10
V (m/s)	0.16	0.39	0.22	0.61	0.26	0.84

Kalibrasi Tata Guna Lahan

Kalibrasi tata guna lahan dilakukan untuk mengetahui secara detail dan aktual kondisi penggunaan lahan. Penggunaan lahan yang menjadi objek pendataan detail adalah *settlement, plantation* dan *dryland agriculture*. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah wawancara terhadap aparatur kecamatan. Penelitian yang dilakukan oleh Sahat dkk (2016) menyatakan bahwa perubahan komoditi di lahan mempengaruhi faktor *C*. Hal ini disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari masing-masing komoditi. Selain itu, sistem pengelolaan lahan sering kali melibatkan pembersihan gulma dan pengelolaan jalur panen yang dapat meningkatkan erosi jika tidak diimbangi dengan teknik konservasi yang memadai, seperti penanaman tanaman penutup tanah atau mulsa organic (Haregeweyn, et al., 2015). Hasil wawancara dengan warga setempat dan aparat kecamatan Lhokseukon diperoleh disajikan sebagai berikut:

1. Frekuensi banjir yang terjadi di Desa Meunasah Meucat mengalami peningkatan sejak tahun 2012. Peningkatan frekuensi banjir tersebut semakin dirasakan oleh masyarakat sejak tahun 2020;
2. Sejak tahun 2010, tidak terjadi perubahan tata guna lahan di DAS Peuto yang berada di Kecamatan Lhokseukon. Akan tetapi, masyarakat melakukan perubahan atau konversi komoditi yang dikembangkan. Sebelum tahun 2010, sebagian besar lahan perkebunan di DAS Peuto dalam Kecamatan Lhokseukon dikembangkan untuk kakao dan karet. Sejak tahun 2010, sebagian besar berubah menjadi perkebunan sawit;
3. Saat ini, sekitar 70% lahan perkebunan tersebut telah berubah menjadi perkebunan sawit;
4. Pada saat dilakukan pendataan oleh Dinas Pengairan ((2022), sebagian besar sawit di DAS Peuto telah berumur 8 tahun sampai 11 tahun dengan ketinggian pohon antara 6.0 m sampai 12.0 m.

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

3.2. Pembahasan

Erotion and Sediment Yield

Prediksi erosi lahan yang terjadi di DAS Kr. Peuto dilakukan dengan menggunanakan metode USLE. Pada analisis *overlay*, keempat *layer* digabungkan menggunakan *tools union* sehingga diperoleh peta dan atribut yang memiliki data keempat layer. *Sedimentation rate* DAS Krueng Peuto diperoleh dari overlay faktor-faktor sedimentasi berupa *runoff factor*, erodibilitas tanah (*K*), faktor panjang dan kemiringan lereng (*LS*), dan pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi tanah (*CP*). Hasil analisis disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. *Land Erosion Prediction of Kr. Peuto River Basin*

No	***Land cover***	***Year***		
		2009-2010	***2009-2022***	***2022-2024***
1	*Shrub* (%)	2.22%	1.63%	1.65%
2	*Primary dryland forest* (%)	5.80%	4.40%	4.20%
3	*Secondary dryland forest* (%)	42.92%	35.65%	36.72%
4	*Settlement* (%)	2.60%	2.99%	3.01%
5	*Plantation* (%)	20.20%	33.03%	33.51%
6	*Dryland agriculture* (%)	5.40%	0.53%	0.51%
7	*Mixed dryland farming* (%)	11.12%	14.68%	14.20%
8	*Paddy field* (%)	6.90%	4.25%	4.10%
9	*Open ground* (%)	2.58%	2.58%	2.00%
10	*Undefined* (%)	0.26%	0.26%	0.10%
10	*R* (mm/d)	70	75	183
11	q_{peak} (m^3/s)	338.7	460.8	1,128
12	Q_{surf} (m^3)	224.40	271.60	556.40
Erotion prediction (ton)		2,007,488.00	2,150,880.00	5,248,147.20
Erotion prediction (ton/ha)		70	75	183

Menurut standar FAO, hasil perhitungan erosi di DAS Kr. Peuto sebelum tahun 2022 masih dalam kategori ringan. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini serupa dengan hasil dari Azmeri dkk,. (2024). Azmeri dkk,. (2024) menyatakan bahwa laju erosi DAS Kr. Peuto sampai dengan tahun 2019 berada dalam kategori ringan. Setelah tahun 2022, klasifikasi erosi lahan di DAS Kr. Peuto meningkat menjadi moderat. Peningkatan laju erosi lahan secara signifikan tanpa perubahan pola tata guna lahan yang signifikan mengindikasikan pengaruh komoditas yang dikembangkan di DAS Kr. Peuto terhadap erosi lahan.

Pada penelitian ini, pergerakan sedimen dihitung berdasarkan pergerakan sedimen dasar dan pergerakan suspended sediment. Metode yang digunakan untuk menganalisis sediment transport disesuaikan dengan karakteristik sedimen. Metode yang lazim digunakan adalah metode England-Hansen. Hasil perhitungan sedimen disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. *Sediment transport calculation* of Kr. Peuto River Basin

Period year	**2009-2010**	**2009-2022**	**2022-2024**
A (km^2)	286.8	286.8	286.8
Discharge (m^3/s)	7.22	138.02	82.84
Velocity (m/s)	0.28	0.42	0.55
Total Suspended Sediment (mg/L)	47.25	64.13	61.88
d_{50} (mm)	1.05	0.82	1.10
Sediment transport (ton)	21,400.68	256,970.95	363,446.01

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

Tabel 7 menunjukkan peningkatan sedimen terukur di sungai untuk tahun 2022 dibandingkan sebelum 2010. Peningkatan terjadi pada tahun 2022 sebesar 1,200.76% dibandingkan dengan tahun 2022. Pada tahun 2024, terjadi peningkatan sedimen sebesar 141.43% dibandingkan dengan tahun 2022. Peningkatan sedimen tahunan antara tahun 2010 sampai tahun 2022 sebesar 19,630.86 ton/tahun (68.45 ton/ha/tahun). Sementara periode tahun 2022 sampai tahun 2024, produksi sedimen terhitung di sungai Kr. Peuto sebesar 53,237.53 ton/tahun (185.63 ton/ha/tahun). Mengacu kepada standar FAO, kategori sedimen yield di KR. Peuto masih kecil. Walaupun begitu, trend peningkatan laju sedimen di DAS Kr. Peuto termasuk besar dan butuh penanganan lanjutan.

Strategi Konservasi DAS Kr. Peuto

Strategi konservasi berkelanjutan di DAS Kr. Peuto adalah pendekatan yang mengintegrasikan upaya pelestarian sumber daya alam dengan kebutuhan pembangunan manusia. Konservasi di DAS Kr. Peuto merupakan upaya untuk menciptakan keseimbangan antara konservasi lingkungan dan kesejahteraan masyarakat. Tujuan utama konservasi di DAS Kr. Peuto adalah memastikan bahwa pemanfaatan sumber daya alam saat ini tidak mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri. Strategi konservasi yang diterapkan di DAS Kr. Peuto adalah:

1. Perlibatan seluruh stake holder dalam penetapan kebijakan dan pengelolaan perkebunan masyarakat menuju ketahanan agroekonomi berbasis multi komoditas. Upaya perlibatan aktif dari petani pekebun memegang peran penting dalam stategis ini. Wujud aksi dari strategi ini adalah dengan konservasi vegetatif oleh para petani pekebun. Konservasi vegetatif yang harus dilakukan meliputi:
   a. Menerapkan sistem agroforestri di perkebunan sawit untuk meningkatkan tutupan lahan dan memperbaiki infiltrasi air.
   b. Penanaman tanaman penutup tanah seperti legum di antara barisan sawit untuk mengurangi limpasan permukaan.
   c. Meningkatkan kembali tutupan hutan sekunder yang mengalami penurunan dari 42,92% (2010) menjadi 35,65% (2022).
   d. Membuat zona riparian buffer sepanjang sungai untuk mengurangi limpasan sedimen ke badan air.
2. Mengembangkan rencana pengelolaan kawasan perkebunan, terutama penataan sistem drainase lahan dengan mempertimbangkan aspek ekologis, sosial, dan ekonomi untuk mencegah degradasi lingkungan. Kegiatan yang harus dilakukan oleh seluruh stakeholder di DAS Kr. Peuto adalah:
   a. Menerapkan terasering pada lahan dengan kemiringan tinggi untuk mengurangi kecepatan aliran permukaan;
   b. Membuat guludan (ridge) di sekitar tanaman sawit untuk memperlambat erosi tanah;
   c. Membuat rorak (lubang serapan) di perkebunan sawit untuk menahan air hujan dan meningkatkan infiltrasi;
   d. Membuat parit infiltrasi di area dengan tingkat erosi tinggi untuk menahan limpasan;
   e. Pembangunan embung (ponding) dan kolam sedimentasi;
   f. Membuat bendali pada aliran utama untuk menahan sedimen sebelum masuk ke sungai;
   g. Membuat kolam sedimentasi di dekat outlet DAS untuk menangkap sedimen yang terbawa air sebelum mencapai sungai utama;
   h. Mendesain saluran drainase dengan kemiringan dan bentuk yang optimal agar tidak menyebabkan erosi tambahan;
   i. Menghindari pembuatan saluran drainase lurus yang dapat meningkatkan kecepatan aliran air dan erosi tanah.

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

3. Melakukan perubahan kebijakan dan praktik dalam sektor-sektor seperti pertanian, perkebunan sawit dan kakao, dan perlindungan sepadan hutan untuk mendukung praktik berkelanjutan. Strategi ini dapat diwujudkan melalui:
   a. Mendorong kebijakan pengelolaan lahan sawit yang ramah lingkungan dengan penerapan *RSPO* (*Roundtable on Sustainable Palm Oil*);
   b. Menetapkan kawasan konservasi wajib di dalam perkebunan untuk menjaga kestabilan ekosistem.
4. Mencari sumber pendanaan yang stabil dan berkelanjutan untuk mendukung program konservasi jangka panjang melalui upaya pekebun membayar. Strategi ini dapat terwujud melalui:
   a. Melibatkan masyarakat dalam program konservasi dan rehabilitasi lahan kritis;
   b. Memberikan insentif bagi petani dan perusahaan sawit yang menerapkan praktik konservasi tanah.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Perubahan tata guna lahan di DAS Kr. Peuto, terutama konversi komoditas yang terjadi pada perkebunan kakao dan perkebunan karet menjadi perkebunan sawit, telah menyebabkan peningkatan erosi lahan. Peningkatan laju erosi lahan yang disertai dengan peningkatan intensitas hujan berakibat pada peningkatan frekuensi dan probabilitas banjir di Sungai Kr. Peuto. Salah satu penyebab banjir di Sungai Kr. Peuto adalah berkurangnya tampang basah karena sedimentasi di sungai. Data menunjukkan bahwa sejak tahun 2010 telah terjadi peningkatan runoff factor dan sediment yield secara signifikan.

Strategi konservasi yang berkelanjutan di DAS Kr. Peuto perlu menggabungkan pendekatan vegetatif, mekanis, dan pengelolaan air untuk mengurangi laju erosi dan sedimentasi. Perubahan signifikan pada perkebunan sawit sejak tahun 2010 telah berkontribusi terhadap peningkatan erosi dan sedimentasi sungai, sehingga diperlukan tindakan cepat untuk menghindari degradasi ekosistem lebih lanjut.

Upaya untuk permasalahan ini adalah dengan strategi konservasi yang efektif. Stategis konservasi di DAS Kr. Peuto merupakan kombinasi dari penerapan sistem agroforestri, peningkatan vegetasi riparian dan pengelolaan drainase yang lebih baik. Konservasi berkelanjutan yang melibatkan pemangku kepentingan, termasuk petani dan pemerintah, sangat penting untuk mengurangi dampak negatif dari alih fungsi lahan dan menjaga keseimbangan ekosistem di DAS Kr. Peuto.

4.2 Saran

Penguatan konservasi berkelanjutan di DAS Kr. Peuto memerlukan perluasan kajian ilmiah yang mencakup evaluasi efektivitas jangka panjang terhadap strategi vegetatif dan mekanis yang telah diterapkan. Pendekatan spasial dinamis berbasis data penginderaan jauh dan pemodelan hidrologi dua dimensi, seperti HEC-RAS 2D, dapat digunakan untuk mengkaji distribusi spasial erosi dan sedimentasi secara lebih mendetail. Hubungan antara umur tanaman sawit, kepadatan tutupan lahan, dan intensitas erosi juga layak diteliti lebih lanjut guna menghasilkan parameter konservasi yang lebih tepat guna. Selain aspek teknis, pemahaman terhadap dinamika sosial-ekonomi masyarakat serta kapasitas institusional dalam pengelolaan DAS perlu diperkuat melalui studi interdisipliner. Skema insentif lingkungan (seperti pembayaran jasa lingkungan) menjadi salah satu potensi instrumen kebijakan untuk mendukung partisipasi masyarakat dalam konservasi berbasis lahan.

Ucapan Terima Kasih

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

Penelitian ini terlaksana berkat dukungan dari Laboratorium Hidroteknik Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Terima kasih kami ucapkan kepada masyarakat Kecamatan Lhokseukon atas kesediaan memberikan penjelasan perubahan lahan yang terjadi. Ucapan terima kasih juga kami ucapkan kepada BP DAS Krueng Aceh atas penjelasan terkait penataan hutan di DAS Kr. Peuto.

Daftar Kepustakaan

Ascough, J., Baffaut, C., Nearing, M., & Flanagan, D. (1995). *Watershed model channel hydrology and erosion processes*. Dalam D. Flanagan, & M. Nearing., USDA Water Erosion Prediction Project: Hillslope Profile and Watershed Model Documentation.

Azmeri, Iqbal, M., Fauzi, M., & Rizalihadi, M. (2024). *Interphase modeling of sedimentation rate using the GIS-based modified universal soil loss equation*. Applied Geomatics, 16(4), 1057-1068. doi:10.1007/s12518-024-00599-y

Cantik, B. K., Fadilah, S., Putri, W. A., & Agustia, D. C. (2024). *Analisis Strategi Pengendalian Banjir dengan Upaya Konservasi Air Menggunakan AHP (Studi Kasus: Kota Tangerang dan Kabupaten Tangerang)*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Kristen Maranata, 348-358. doi:https://doi.org/10.28932/jts.v20i2.7587

Di Luzio, M., Srinivasan, R., Arnold, J. G., & Neitsch, S. L. (2002). *ArcView Interface for SWAT2000*, User's Guide. Temple: Blackland Research and Extension Center.

Dinas Pengairan, A. (2022). *Masterplan Pengendalian Banjir WS Kewenangan (Swakelola)*. Banda Aceh: Dinas Pengairan Aceh.

Ennaji, N., Ouakhir, H., Abahrour, M., SPALEVIC, V., & DUDIC, B. (2024). *Impact of watershed management practices on vegetation, land use changes, and soil erosion in River Basins of the Atlas, Morocco*. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 52(1), 13567-13567. doi:10.15835/nbha52113567

Gusma, F., Azmeri, Jemi, F., & Rahmatan, H. (2023). *Soil erosion rate and hazard level at the Sianjo-Anjo Reservoir watershed in Indonesia*. Journal of Water and Land Development, 57((IV-VI)), 181-187. doi:10.24425/jwld.2023.145348

Habel, M., Szatten, D., Babiński, Z., & Nadolny, G. (2021). *Sediment Management in River Basins: An Essential Element of the River Basin Management Plans*. Quality of Water Resources in Poland, 263-295. doi:10.1007/978-3-030-64892-3_12

Haregeweyn, N., Tsunekawa, A., Nyssen, J., Poesen, J., Tsubo, M., Tsegaye Meshesha, D., . . . Tegegne, F. (2015). *Soil erosion and conservation in Ethiopia: a review*. Progress in Physical Geography, 39(6), 750-774. doi:10.1177/03091333155987

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

Ostad-Ali-Askari, K. (2022). *Investigation of meteorological variables on runoff archetypal using SWAT: basic concepts and fundamentals*. Applied Water Science, 12(177), 1-18. doi:10.1007/s13201-022-01701-8

Prasetyo, B. H., & Suriadikarta, D. A. (2006). *Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia*. Jurnal Litbang Pertanian, 23(2), 39-46.

Sahat, S., Yusop, Z., Askari, M., & Ziegler, A. (2016). *Estimation of soil erosion rates in oil palm plantation with different land cover*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering , 136(1), 012086. doi:10.1088/1757-899X/136/1/012086