

# Nilai Erosi dengan Metode Rusle dari Pemanfaatan Citra Sentinel-2 di Wilayah Sungai Pasee Peusangan

## Erosion Value Using the RUSLE Method from Utilization of Sentinel-2 Image in The Pasee Peusangan of Regional River Area

Firman Hadi<sup>1</sup>, Tito Eka Syafjanuar<sup>1</sup>, Nasrul Arrahman<sup>1,2,3</sup>, Ichwana Ramli<sup>1,2,4,5,\*</sup>

<sup>1</sup> Magister Pengelolaan Lingkungan, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia.

<sup>2</sup> Pusat Penelitian Lingkungan dan Hidup, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Kimia, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

<sup>4</sup> Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

<sup>5</sup> Pusat Riset Biochar dan Hutan Tropis Lestari, heUniversitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

Email\*): [ichwana.ramli@usk.ac.id](mailto:ichwana.ramli@usk.ac.id)

Received:  
20 May 2023

Revised:  
10 August 2023

Accepted:  
10 September 2023

Published:  
27 September 2023

DOI:  
10.29303/jrpb.v11i2.523

ISSN 2301-8119  
e-ISSN 2443-1354

Tersedia online di  
<http://jrpb.unram.ac.id/>

**Abstract:** Erosion of watercourses is a natural process related to the environment which has an adverse impact on the environment, through the organic, physical and chemical properties of the soil. This causes a decrease in soil productivity, pollutes rivers and fills water reservoirs. Erosion estimates were calculated using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) with GIS to achieve the research objective. Calculations with the RUSLE method are carried out with the assumption that soil erosion occurs by 5 main factors, namely rain erosion (R), soil physical properties (K), land use status (C), erosion control area (P) and topography (LS). The RUSLE equation can also be used to calculate sediment. This study uses remote sensing imagery from Sentinel-2 MSI. In this research, to improve the geolocation accuracy of geometric correction and atmospheric correction using the Sentinel Application Platform, namely SNAP (Sentinel Application Platform). The results showed that most of the Pasee-Peusangan area was indicated as an area with low erosion, most of this area was in the north. While for the location to the south, there are different values indicating erosion, where the value is getting higher. Area Indications of moderate and high erosion in the Pasee-Peusangan is to the south, where this area has a mountainous topography with alluvial soil types, so the potential for erosion in this area is high. The highest erosion areas are scattered which are dominated in the several areas of the Peusangan highlands. Meanwhile for the Pasee, the highest erosion occurred in the transition and downstream (coastal) areas. Land management needs to be considered to be able to determine the causes of these differences.

**Keywords:** erosion; river area; RUSLE; Sentinel-2 image

**Abstrak:** Erosi dari aliran air merupakan proses alam yang berkaitan dengan lingkungan yang berdampak tidak baik terhadap lingkungan, melalui sifat organik, fisik, dan kimia tanah. Ini menyebabkan penurunan produktivitas tanah, mencemari sungai dan mengisi reservoir (waduk) air. Estimasi erosi dihitung dengan Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) dengan GIS untuk mencapai tujuan penelitian. Perhitungan dengan metode RUSLE dilakukan dengan asumsi erosi tanah terjadi oleh 5 faktor utama, yaitu Erosivitas hujan (R), sifat fisik tanah (K), status penggunaan lahan (C), kawasan pengendali erosi (P) dan topografi (LS). Persamaan RUSLE juga dapat digunakan untuk menghitung sediment. Penelitian ini menggunakan citra penginderaan jauh dari sentinel-2 MSI. Dalam penelitian ini, untuk meningkatkan akurasi geolokasi koreksi geometric dan koreksi atmosfer menggunakan Platform Aplikasi Sentinel yaitu SNAP (*Sentinel Application Platform*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar dari wilayah Sungai (WS) Pasee-Peusangan terindikasi sebagai area dengan erosi rendah, sebagian besar area ini berada kawasan di Utara. Sementara untuk lokasi ke arah selatan, terjadi perbedaan nilai indikasi erosi, dimana nilai nya semakin tinggi. Wilayah Indikasi erosi sedang dan tinggi pada wilayah Sungai Pasee-Peusangan berada di arah selatan, dimana pada wilayah ini dengan tofografi

gugusan pegunungan dengan jenis tanah alluvial. Potensi terjadinya erosi di kawasan ini menjadi tinggi. Wilayah tinggi erosi tersebar yang didominasi pada beberapa wilayah dataran tinggi Peusangan. Sementara itu untuk Wilayah Pase, erosi yang tertinggi terjadi pada wilayah transisi dan hilir (pesisir). Pengelolaan lahan perlu diperhatikan untuk dapat menentukan penyebab perbedaan tersebut.

**Kata kunci:** citra Sentinel-2; erosi; RUSLE; sedimentasi

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Pengikisan tanah dari erosi mempengaruhi sumber daya alam, produksi pertanian, kualitas ekosistem, kerugian ekonomi (Zerihun et al., 2018) dan menyebabkan tingginya sedimentasi (Chuenchum et al., 2020). Erosi dari aliran air merupakan proses alam yang berkaitan dengan lingkungan yang berdampak tidak baik terhadap lingkungan, melalui sifat organik, fisik, dan kimia tanah. Ini menyebabkan penurunan produktivitas tanah, mencemari sungai dan mengisi reservoir (waduk) air (Khosrokhani & Pradhan, 2014). Kualitas penggunaan lahan diperburuk oleh erosi tanah, dan umumnya ditemukan di daerah aliran sungai pertanian. Lahan kritis salah satu kondisi yang mempercepat terjadinya erosi dan sedimentasi (Ramli et al., 2023). Secara global, laju erosi tanah 10–40 kali lebih tinggi daripada laju pembentukan tanah yang mengancam ketahanan pangan dan kualitas lingkungan (Aslam et al., 2021).

Sedimentasi di daerah hilir mengurangi daya tampung air sungai dan penahan air, yang meningkatkan kemungkinan banjir (Singh & Panda, 2017). Sedimen juga merupakan polutan karena adsorpsi bahan kimia pertanian yang dapat meningkatkan kandungan nitrogen dan fosfor dalam air yang mengakibatkan eutrofikasi. Penilaian bahaya erosi tanah diperlukan untuk mendeteksi daerah yang rentan terhadap erosi hebat dan untuk memulai kampanye pengelolaan lahan yang tepat. Evaluasi semacam ini dalam kualitas hidrogeomorfologi, geolingkungan dan situasi data yang tidak memadai yang berkaitan dengan pendekatan daerah tangkapan atau berorientasi cekungan dilengkapi untuk menunjukkan prediktabilitas yang bagus (Aslam et al., 2021)

Model *Universal Soil Loss Equation* (USLE) telah diterapkan secara luas, namun model tersebut memiliki keterbatasan dalam hal kemampuannya untuk memprediksi dengan tepat distribusi erosi tanah secara spasial dan penerapan dan efek. Analisis dapat dilakukan dengan lebih tepat melalui *Geographic Information System* (GIS) dan *Remote Sensing* (RS) (Aslam et al., 2021). Estimasi kehilangan tanah (erosi) dihitung dengan Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) dengan GIS. RUSLE adalah model empiris yang paling intensif digunakan untuk estimasi kehilangan tanah (Zerihun et al., 2018), mampu mengidentifikasi kemungkinan erosi pada tanah dengan metode sel pixel sehingga diterima luas dalam memperkirakan distribusi kehilangan tanah pada skala spasial berbeda (Olorunfemi et al., 2020). RUSLE merupakan salah satu model ekstensif karena perbedaan karakteristik DAS yang besar yang dapat diuji dengan *tool* geografis tertentu (Kayet et al., 2018)

Estimasi sedimentasi juga dapat dilakukan persamaan RUSLE Wulandari dan Cahyono., 2020) dan persamaan ini telah banyak digunakan dalam memperkirakan erosi tanah dan sedimentasi (Chuenchum et al., 2020). Berdasarkan penelitian Chuenchum et al., (2020), perhitungan nilai erosi dapat dilakukan dengan menggunakan *Geographic Information System* (GIS). Integrasi teknik *Geographic Information System* (GIS) dengan RUSLE akan menjadikan penelitian lebih efisien dilakukan untuk menghitung erosi (Olorunfemi et al., 2020) dan sedimentasi (Chuenchum et al., 2020). Karena itu, menggabungkan model RUSLE dengan GIS akan menjadi akurat untuk menjawab masalah yang akan diteliti pada penelitian

ini (Zerihun et al., 2018). Integrasi teknik *Geographic Information System* (GIS) dan *Remote Sensing* (RS) dengan RUSLE telah berkontribusi pada penurunan faktor/variabel utama yang digunakan dalam menghitung kehilangan tanah. Selain itu, penilaian dinamis spatiotemporal dan pemodelan erosi tanah di area yang luas telah ditingkatkan dengan biaya yang relatif rendah dan dengan akurasi yang lebih besar dibandingkan dengan metode tradisional (Olorunfemi et al., 2020)

DAS Krueng Peusangan yang merupakan salah satu DAS terbesar di Provinsi Aceh telah mengalami berbagai permasalahan yang menyebabkan menurunnya kondisi DAS. Salah satu permasalahan pada DAS Krueng Peusangan adalah erosi dan sedimentasi. Berdasarkan hasil penelitian (Rishki Ananda & Iqbal, 2021), Tingkat Bahaya Erosi (TBE) didapatkan bahwa lebih dari 50% kondisi DAS Krueng Peusangan dalam kondisi TBE yang berat dan sangat berat. Oleh karena itu maka perlu dilakukan kajian mengenai nilai erosi di DAS Krueng Peusangan dengan metode RUSLE dan memanfaatkan Citra Sentinel-2.

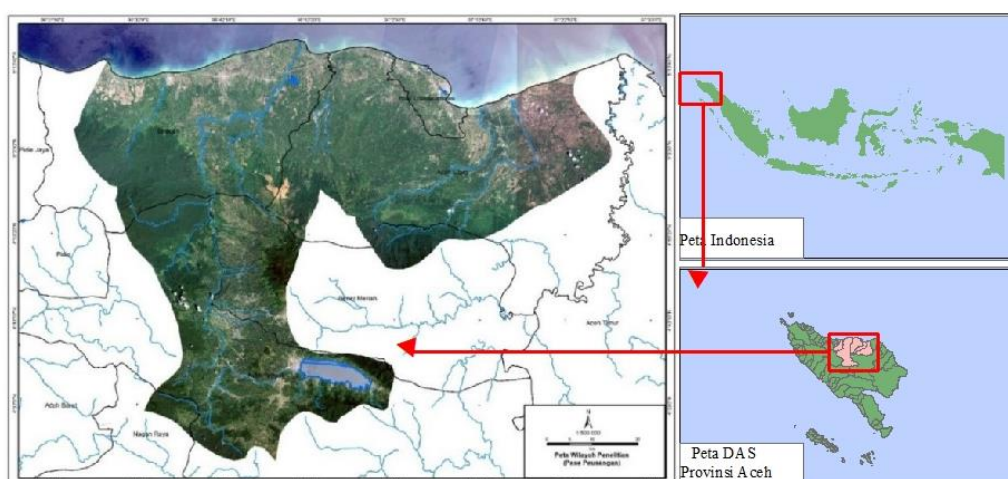
### Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai erosi dan sedimentasi yang terjadi di wilayah sungai Pasee Peusangan menggunakan metode perhitungan RUSLE dengan memanfaatkan Citra Sentinel-2 melalui aplikasi GIS.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi dan data Penelitian

Penelitian dilakukan di Wilayah Sungai Pasee-Peusangan, luasnya sekitar 452,33 km<sup>2</sup> terletak diantara 5°09'12"-4°49'25" Lintang Utara dan 96°51'27"-97°14'55" Bujur Timur Provinsi Aceh. Nama WS Pasee-Peusangan di Provinsi Aceh ini berdasarkan Kepres. No. 12 Tahun 2012, merupakan wilayah sungai lintas Kabupaten yang menjadi WS Kewenangan Daerah. Peta wilayah penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Isu penting yang dihadapi pada wilayah WS Pasee-Peusangan ini diantara adalah degradasi lahan akibat alih fungsi dan pengembangan wilayah kelola pengembangan ekonomi (perkebunan) dan terus menurunnya luasan hutan alam sehingga mempengaruhi kondisi lingkungan di sekitarnya, seperti tata air, sedimentasi dan banjir yang terjadi di bahagian WS Pasee-Peusangan, terutama di kabupaten Aceh Utara.



Gambar 1. Peta Wilayah Sungai (WS) Pasee-Peusangan sebagai wilayah Penelitian

### Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan adalah data curah hujan untuk menentukan erosivitas hujan, peta erodibilitas tanah, peta panjang lereng dan faktor kecuraman lereng dan peta penggunaan lahan, citra sentinel. Peta DEM didapat dari Peta DEM Nasional yang di generate dari Citra Sentinel-2. Peta penggunaan lahan berasal dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang diklasifikasikan kedalam beberapa kelas penggunaan lahan dan manajemen lahan (tindakan konservasi).

### Metode

Citra sentinel pada areal studi diunduh dari <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> dengan resolusi 10 m. Koreksi atmosfer data citra satelit untuk mempertajam variable dilakukan menggunakan modul Sen2Cor (versi 2.5.5) dalam Sentinel-2 Toolbox yang terintegrasi dalam Platform Aplikasi Sentinel (SNAP) untuk menghilangkan awan cirrus.

Perhitungan dengan metode RUSLE dilakukan dengan asumsi erosi tanah terjadi oleh 5 faktor utama, yaitu Erosivitas hujan (R), sifat fisik tanah (K), status penggunaan lahan (C), kawasan pengendali erosi (P) dan topografi (LS). Persamaan RUSLE juga dapat digunakan untuk menghitung sediment (Chuenchum et al., 2020). Model persamaan RUSLE dapat dihitung dengan rumus:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- R = Erosivitas hujan
- K = erodibilitas tanah
- LS = Topografi
- C = Penggunaan lahan
- P = Tindakan konservasi

Faktor R dihitung berdasarakan persamaan Lenvain (1975):

$$R = \sum_{m=1}^{12} Rm \dots\dots\dots(2)$$

R adalah erosivitas hujan dan Rm adalah curah hujan bulanan.

Tipe tanah untuk menentukan nilai K dirujuk berdasarkan tipe taksonomi tanah yang dikembangkan oleh USDA (*United State Departement of Agriculture*). Nilai K dapat dihitung dengan persamaan Wischmeier dan Smith (1978):

$$100 K = 1,292 [ 2,1 M^{1,14} (10^{-4})(12 - a) + 3,25(b - 2) + 2,5(c - 3) ] \dots\dots\dots(3)$$

M adalah nilai tekstur tanah, a adalah nilai bahan organic, b adalah nilai struktur tanah dan c adalah nilai permeabilitas tanah.

Untuk Faktor LS yaitu gabungan dari faktor panjang lereng dan kecuraman lereng yang berasal dari data DEM dengan resolusi 90 m. Faktor LS dihitung dari Persamaan Moore and Burch (1986):

$$LS = \left( Flow\ accumulation \times \frac{cell\ size}{22.13} \right)^{0.4} \times \left( \frac{sin\ sin\ (slope)}{0.0896} \right)^{1.3} \dots\dots\dots(4)$$

Flow accumulation adalah jumlah berbasis raster dari akumulasi aliran untuk sel tertentu dan sin (kemiringan) adalah sudut kemiringan dalam derajat yang akan

menghasilkan model persebaran erosi dan sedimentasi di wilayah sungai Pasee-Peusangan sesuai dengan rentang yang akan dicantumkan pada legenda.

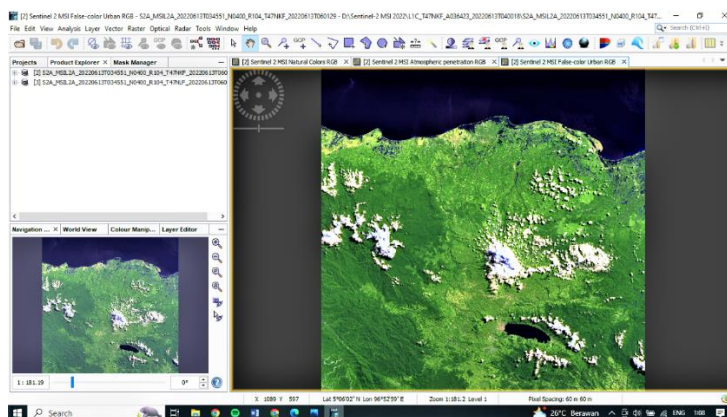
Faktor C diperkirakan dengan menggunakan Indeks perbedaan vegetasi yang dinormalisasi (NDVI) berdasarkan metode yang dikembangkan oleh (Durigon et al., 2014)

$$C = \frac{(-NDVI+1)}{2} \dots\dots\dots(5)$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini menggunakan citra penginderaan jauh dari sentinel-2 MSI. Semua data Sentinel-2 tersedia secara gratis dari Copernicus Open Access Hub, melalui link <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> Proses pengunduhan data citra dilakukan pada 9 Oktober 2022. Citra dipilih atas pengambilan terbaru berdasarkan filterisasi *cloud cover* (kandungan awan) dibawah 15%, hal ini bertujuan mempermudah proses pengolahan data citra pada tahapan selanjutnya. Pemilihan citra dengan tingkat keawanan minimal dilakukan untuk menghindari sebaran dan serapan partikel yang mempengaruhi kemurnian objek dan nilai piksel pada citra. Penggunaan citra dalam aplikasi GIS dapat mempermudah dalam mengevaluasi laju erosi dan arahan pengelolaan DAS yang berkelanjutan (Fachruddin et al., 2021).

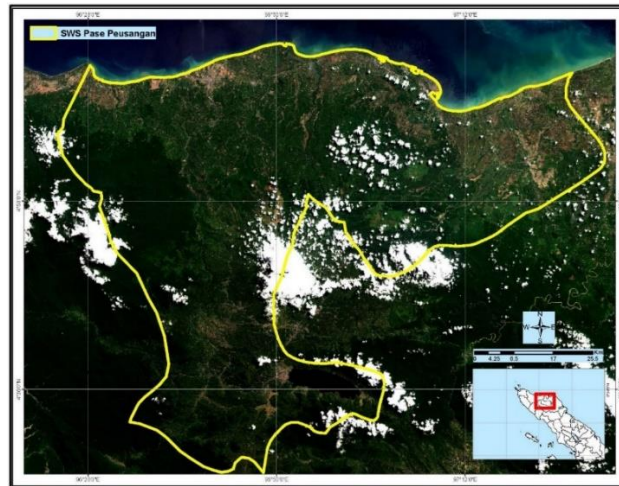
Level produk citra satelit Sentinel-2 tersebut masih berupa data mentah dengan level-1C sehingga masih membutuhkan koreksi geometric untuk berada level-2A MSI. Koreksi geometric merupakan penempatan nilai-nilai piksel sedemikian rupa, sehingga hasilnya dapat dilihat obyek di permukaan bumi yang terekam sensor satelit. Dalam penelitian ini, untuk meningkatkan akurasi geolokasi koreksi geometric dan koreksi atmosfer menggunakan Platform Aplikasi Sentinel yaitu SNAP (*Sentinel Application Platform*) yang dikembangkan oleh ESA (*European Space Agency*). *Screenshot* gambar citra pada tahapan koreksi citra pada aplikasi SNAP terdapat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Citra satelit pada saat tahapan proses koreksi di aplikasi SNAP

Tahapan pengerjaan selanjutnya adalah memotong area study dengan data data *Shapefile* (shp) Wilayah Sungai Pasee-Peusangan dengan aplikasi GIS. Tujuan pemotongan ini agar pengolahan data kajian di areal study sesuai dengan yang sudah ditentukan sebelumnya. Gambar area study setelah dioverlay dengan *layer* citra Sentinel-2 dengan komposit warna sejati (*natural colour*) dapat dilihat pada Gambar 3.





**Gambar 3.** Citra Sentinel-2 MSI 13 Juni 2022 pada komposit warna sejati (*true colour*) di wilayah kajian WS Pasee-Peusangan.

Perhitungan dengan RUSLE dilakukan dengan mengasumsikan terjadinya erosi tanah tergantung pada 5 faktor utama. Faktor-faktor ini terdiri dari kekuatan abrasi curah hujan, sifat fisik tanah, status penggunaan lahan, pengendalian erosi studi dan yang paling penting topografi (Gürtekin & Gökçe, 2021).

### Erosivitas Hujan

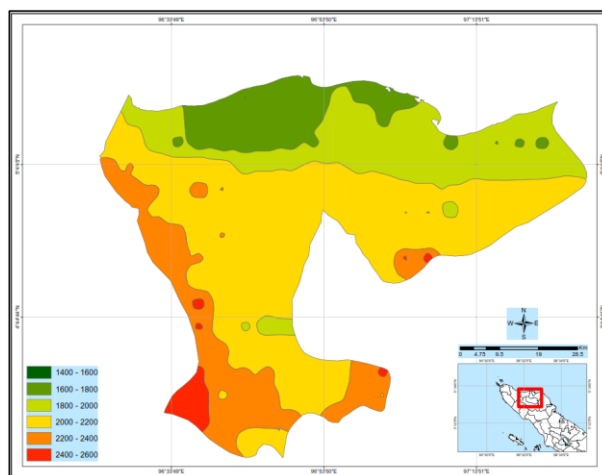
Erosivitas adalah parameter terpenting dalam basis RUSLE pendugaan erosi tanah suatu daerah. Erosivitas curah hujan tergantung pada jumlah intensitas dan distribusi curah hujan. Faktor erosivitas curah hujan (R) adalah fungsi jatuhnya rintik hujan dan intensitas curah hujan, dan merupakan hasil kali energi kinetik dari rintik hujan dan intensitas hujan maksimum (Kebede et al., 2021).

Erosivitas curah hujan di wilayah penelitian berdasarkan hasil interpolasi data curah hujan yang tersedia di [www.arcgis.com](http://www.arcgis.com). Diketahui kisaran nilai R berkisar antara 1400 mm/tahun sampai dengan 2600 mm/tahun., tabel nilai R ditunjukkan pada Tabel 1. Sementara itu, visualisasi Erosivitas hujan (R) di WS Pasee-Peusangan dapat dilihat pada Gambar 4.

**Tabel 1.** Data Curah Hujan untuk nilai R di WS Pasee-Peusangan

No	Curah_Hujan (R) (mm/H)	Persentase (%)
1	1400 – 1600	0,002
2	1600 – 1800	11,183
3	1800 – 2000	22,338
4	2000 – 2200	48,396
5	2200 – 2400	15,538
6	2400 – 2600	2,003

Sumber: Hasil interpolasi dari curah hujan di [www.arcgis.com](http://www.arcgis.com)

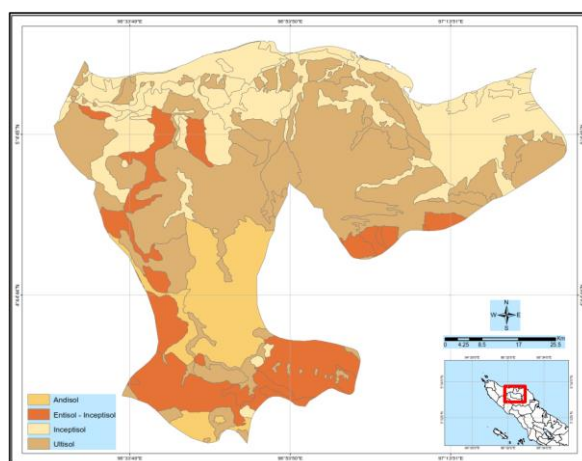


Gambar 4. Visualisasi Erosivitas hujan (R) di WS Pasee-Peusangan

Wilayah sungai Pase-Peusangan adalah daerah yang beriklim tropis dengan tipe iklim B yaitu tipe iklim Basah. Suhu rata-rata di WS Pasee-Peusangan antara 16-31° Celcius di wilayah pegunungan dan 24-35° Celcius di wilayah dataran rendah. Variasi jumlah curah hujan di WS Pasee-Peusangan ini dipengaruhi oleh karakter iklim dan suhu ini.

### Erodibilitas Tanah

Faktor erodibilitas tanah (K) dihitung menggunakan hubungan yang diusulkan oleh Wischmeier et al. (1971) berdasarkan tekstur tanah, tanah struktur dan kandungan bahan organik tanah. Demikian juga nilai dari faktor K dipengaruhi oleh kapasitas infiltrasi tanah wilayah studi (Olorunfemi et al., 2020). Tanah dengan nilai K yang lebih tinggi menunjukkan kerentanan yang lebih tinggi terhadap erosi tanah nilai K yang lebih rendah menunjukkan kerentanan yang lebih rendah terhadap erosi tanah (Kumar & Kushwaha, 2017). Sebaran visualisasi dari factor erodibilitas tanah berdasarkan jenis tanah di WS Pasee-Peusangan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Visualisasi Faktor erodibilitas tanah (K) berdasarkan jenis tanah di WS Pasee-Peusangan

Limpasan rendah hingga sedang dihasilkan sebagai akibat dari rendahnya kerentanan sedang terhadap detasemen partikel pembusukan. Nilai K ditentukan oleh jenis tanah dengan menggunakan rumus Wischmeier dan Smith (1978) seperti pada Persamaan 3. Lebih lengkap ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Jenis tanah dan Nilai K pada WS Pasee-Peusangan

<b>Jenis Tanah, Nilai K</b>			
<b>No</b>	<b>DUDAL_SUPR</b>	<b>JenisTanah USDA</b>	<b>Nilai_K</b>
1	Aluvial	Inceptisol	0,315
2	Aluvial; Aluvial; Podsolik coklat	Inceptisol	0,193
3	Aluvial; Podsolik coklat	Inceptisol	0,315
4	Aluvial; Regosol; Regosol	Inceptisol	0,193
5	Andosol; Organosol	Andisol	0,278
6	Andosol; Podsolik coklat; Andosol	Andisol	0,271
7	Andosol; Podsolik merah kuning	Andisol	0,271
8	Grumosol; Podsolik	Entisol - Inceptisol	0,187
9	Grumosol; Podsolik coklat	Entisol - Inceptisol	0,187
10	Grumosol; Podsolik coklat; Rock outcrops	Entisol - Inceptisol	0,176
11	Grumosol; Renzina; Podsolik; Litosol; Rock outcrops	Entisol - Inceptisol	0,176
12	Latosol; Podsolik; Aluvial	Ultisol	0,186
13	Mediteran	Inceptisol	0,323
14	Mediteran; Aluvial	Inceptisol	0,323
15	Mediteran; Aluvial; Litosol	Inceptisol	0,273
16	Mediteran; Aluvial; Podsolik merah kuning	Inceptisol	0,188
17	Mediteran; Podsolik coklat; Aluvial	Inceptisol	0,273
18	Podsolik coklat; Aluvial; Grumosol	Ultisol	0,158
19	Podsolik merah kuning	Ultisol	0,166
20	Podsolik; Aluvial; Aluvial	Ultisol	0,107
21	Podsolik; Latosol	Ultisol	0,158

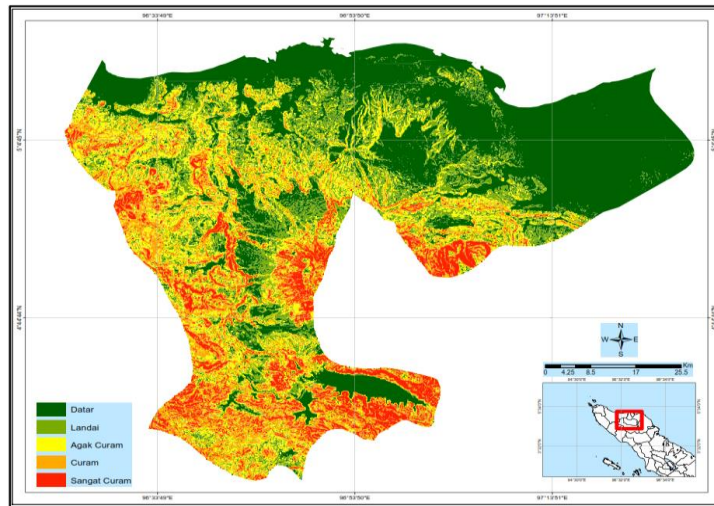
Komponen jenis tanah yang terdapat di WS Pasee-Peusangan yaitu terdiri atas Tanah Andisol, Endisol, Inceptisol dan Ultisol. Jenis tanah penyusun berpengaruh pada perkolasi air. Tingkat perkolasi air ke dalam tanah dan stabilitas tanah keduanya dipengaruhi oleh tekstur tanah. Pori-pori tanah yang besar dan kandungan pasir yang lebih tinggi di dalam tanah akan memudahkan infiltrasi dan perkolasi air. Sehingga hal ini akan mempengaruhi tingkat erodibilitas tanah di WS Pasee-Peusangan.

### **Panjang lereng dan kecuraman (Faktor LS)**

Faktor topografi (LS) meliputi panjang lereng (L) dan kecuraman lereng (S), yang keduanya parameter penting yang mempengaruhi erosi tanah. Kedua GIS dan teknik penginderaan jauh diterapkan untuk mengakses faktor LS dalam persamaan RUSLE menggunakan model elevasi digital (DEM)(Chuenchum et al., 2020). Faktor topografi mencerminkan kerentanan erosi topografi zona studi. Ini mencerminkan pengaruh panjang lereng dan kecuraman lereng pada proses erosi. Akumulasi aliran dan persentase kemiringan (Olorunfemi et al., 2020).

Hasil analisis menunjukkan bahwa LS faktor RUSLE, ditampilkan melalui visualisasi pada Gambar 6.





Gambar 6. Panjang lereng dan faktor kecuraman (LS) di WS Pasee-Peusangan

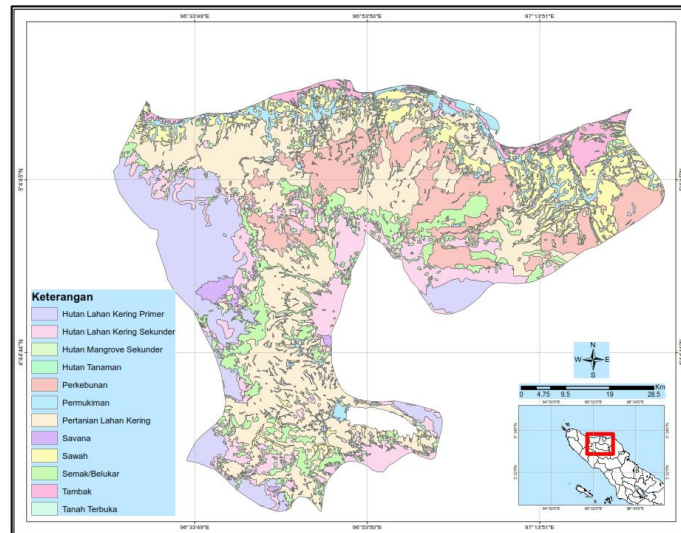
Analisis holistic dari semua faktor kehilangan tanah menunjukkan bahwa faktor LS pada wilayah penelitian di WS Pasee-Peusangan memiliki dampak yang cukup besar pada estimasi kehilangan tanah, terutama pada wilayah kearah selatan di pedalaman, di mana terdapat pegunungan tinggi dan lereng curam sehingga menjadi daerah ini sangat potensial terhadap terjadinya kehilangan tanah. Nilai LS dan klasifikasi wilayah lereng pada lokasi penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kawasan lereng dengan total nilai LS dan klasifikasi

No	Kelerengan (%)	Nilai_LS	Klasifikasi	Persen (%)
1	0-8	0,4	Datar	43,45
2	8-15	1,4	Landai	17,61
3	15-25	3,1	Agak Curam	16,51
4	25-40	6,8	Curam	13,35
5	>40	9,5	Sangat Curam	9,08

### Penggunaan Lahan (Faktor C)

Untuk aplikasi dari Model RUSLE, digunakan LULC dan nilai faktor C yang sesuai, faktor C peta raster yang dihasilkan (Olorunfemi et al., 2020). Faktor C, yang merupakan ekspresi pengaruh vegetasi terhadap erosi tanah, diperoleh dengan peta penggunaan lahan yang tersedia (Gürtekin & Gökçe, 2021). Faktor penggunaan lahan adalah faktor manajemen rencana yang paling penting dan mungkin model RUSLE yang krusial, faktor penggunaan lahan adalah kondisi yang paling mudah dikelola untuk erosi mitigasi (Fagbohun et al., 2016). Faktor penggunaan lahan mewakili rasio kehilangan tanah pada tutupan vegetasi di WS Pasee-Peusangan. Dalam penelitian ini, tutupan lahan dan penggunaan lahan merupakan variabel yang menunjukkan potensi dampak terhadap erosi tanah di wilayah ini. Peta penggunaan lahan di WS Pasee-Peusangan ditampilkan pada gambar 7. Nilai C di daerah penelitian bervariasi dari 0 sampai 1, (tabel 4.).



Gambar 7. Peta penggunaan lahan (Faktor C) di WS Pasee-Peusangan

Tabel 4. Nilai C untuk Penggunaan Lahan di WS Pasee-Peusangan

No	Keterangan	Nilai_C
1	Hutan Lahan Kering Primer	0
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	0
3	Hutan Mangrove Sekunder	0
4	Hutan Tanaman	0,005
5	Perkebunan	0,02
6	Permukiman	0,3
7	Pertanian Lahan Kering	0,19
8	Savana	0
9	Sawah	0,01
10	Semak/Belukar	0,3
11	Tambak	0
12	Tanah Terbuka	1
13	Danau	0

### Faktor Praktek Konservasi (P)

Faktor praktik konservasi (nilai-P) mencerminkan efek praktik yang akan mengurangi jumlah dan laju limpasan air dan dengan demikian mengurangi jumlah erosi. Karena, ada keterbatasan data permanen faktor manajemen nilai P yang digunakan pada penelitian ini sesuai Wischmeir dan Smith (1978). Nilai P berkisar dari 0 sampai 1, dimana nilai 0 mewakili kondisi buatan sangat tahan erosi yang baik dan nilai 1 kondisi kondisi tidak buatan terhadap resistensi erosi.

Nilai P dihitung dengan mendelineasi lahan menjadi dua penggunaan lahan utama, lahan pertanian dan lahan lainnya. Lahan pertanian dibagi menjadi enam kelas berdasarkan persen kemiringan untuk menetapkan nilai-P yang berbeda, hasilnya perhitungan ini ditunjukkan pada Tabel 5. Dalam penelitian ini, di WS Pasee-Peusangan Nilai faktor praktek konservasi DAS berkisar antara 0,1 sampai 1. Semakin tinggi nilai dari praktek konservasi semakin tinggi kerentanan tanah untuk erosi dan semakin rendah nilai praktik konservasi, semakin rendah kerentanan tanah terhadap erosi.

**Tabel 5.** Nilai P untuk Penggunaan Lahan

No	Keterangan	Nilai P
1	Danau	0
2	Hutan Lahan Kering Primer	0
3	Hutan Lahan Kering Sekunder	0
4	Hutan Mangrove Sekunder	0
5	Hutan Tanaman	1
6	Perkebunan	0,6
7	Permukiman	0,15
8	Pertanian Lahan Kering	0
9	Savana	0
10	Sawah	0,15
11	Semak/Belukar	1
12	Tambak	0
13	Tanah Terbuka	1

### **Interaksi antara faktor penyebab kehilangan tanah**

Berbagai faktor yang digunakan dalam model RUSLE memberikan kontribusi yang sangat besar kehilangan tanah di daerah penelitian. Mereka berpotensi menjadi faktor yang mendasari itu dapat memicu kehilangan tanah. Penggunaan lahan atau penutupan lahan memiliki pengaruh dominan terhadap kontribusi curah hujan terhadap erosi tanah, mengungkapkan hubungan yang kuat antara faktor C dan faktor R. Curah hujan yang tinggi merupakan salah satu penyebab utama terjadinya tanah erosi dan banjir. Tutupan vegetasi lahan hutan memainkan peran kunci dalam mencegah terlepasnya lapisan tanah atas yang kaya dari dampak langsung dari air hujan. Tetesan hujan kekuatan dari dampak langsung dari Tetesan air hujan pada partikel permukaan tanah di bawah gaya gravitasi tertentu menyebabkan pelepasan agregat makro dan dispersi selanjutnya menjadi mikroagregat sehingga mempengaruhi erodibilitas tanah. Curah hujan dan karakteristik tanah mengontrol detasemen makroagregat, aksi geser aliran darat, dengan atau tanpa sistem parit dan karakteristiknya membawa dan mengangkut partikel dan agregat tanah. Ini menunjukkan bahwa faktor K sangat berkorelasi dengan faktor R.

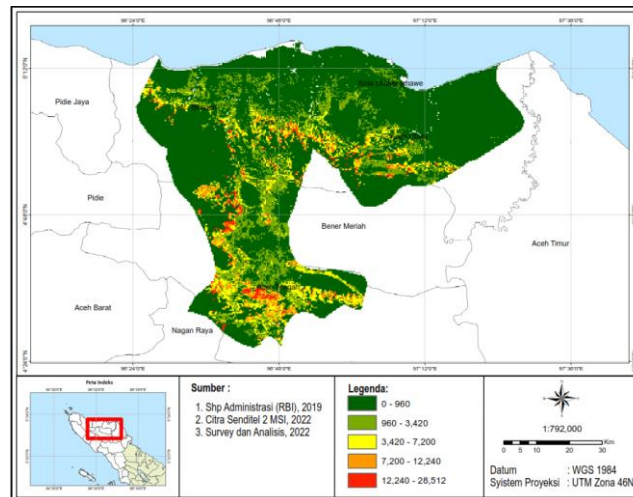
Demikian juga, faktor C yang merupakan fungsi dari penggunaan lahan atau tutupan lahan berdampak pada faktor K tanah. Operasi pertanian, seperti membersihkan vegetasi alami dan mengolah (membajak dan menyiksa) lahan pertanian, merusak tanah menjadi partikel yang lebih halus, meningkatkan kerentanan partikel tanah terhadap detasemen dan transportasi oleh curah hujan dan limpasan. Faktor LS juga berkorelasi dengan ketiga faktor lainnya (faktor C, R dan K). Penanaman tanah di lereng curam dan curam, dan kegagalan untuk menerapkan strategi pengelolaan tanah, meningkatkan kerentanan partikel tanah terhadap detasemen dan berkontribusi terhadap hilangnya tanah (Devatha et al., 2015). Lereng juga memiliki dampak yang kuat pada kontribusi curah hujan terhadap erosi tanah. Kemiringan mempengaruhi kecepatan aliran air serta arah dan volume limpasan permukaan, sehingga semakin curam lereng lebih rentan terhadap limpasan permukaan (Olorunfemi et al., 2020).

Dinamika dan perubahan konversi tutupan vegetasi juga merupakan faktor yang mempengaruhi erosi di berbagai daerah. Faktor dapat melindungi lapisan top soil tanah dari penyebab erosi. Pengelolaan konservasi tanah dan air (P) dapat mengurangi kerentanan erosi tanah dan kehilangan unsur hara tanah seperti penggunaan pupuk hijau, penggunaan tanaman penutup, retensi sisa tanaman, mengurangi pengolahan tanah yang berlebihan (Arunyawat & Shrestha, 2018). Konversi lahan juga sangat berpengaruh pada emisi karbon dan iklim di suatu DAS (Achmad et al, 2023) dan nilai jasa ekosistem (Achmad et al., 2020).Hal

ini diperlukan untuk menjadi pertimbangan wilayah yang perlu dikonservasi untuk menjaga lingkungan berkelanjutan.

### Perkiraan Pelepasan Tanah

Risiko erosi tanah berbeda secara spasial di wilayah studi karena topografinya yang terjal, geomorfologi, bentuk lahan, jenis tanah, tutupan lahan, dan penggunaan lahan. Berdasarkan analisis di DAS Debit terdapat tingkat erosi tanah yang tinggi yang dikategorikan ke dalam enam kelas. Kelas ini dikenali karena adanya intensitas yang berbeda di dalam faktor erosi tanah. Visualisasi hasil perhitungan RUSLE terhadap erosi di WS Pasee-Peusangan ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Peta Erosi Tanah Perhitungan RUSLE di WS Pasee-Peusangan

Pada peta, area yang berwarna hijau merupakan area dengan indikasi erosi tanah rendah, terlihat sebagian besar dari wilayah WS Pasee-Peusangan terindikasi sebagai area dengan erosi rendah, sebagian besar area ini berada kawasan di Utara. Sementara menanjak ke arah selatan, terjadi perbedaan nilai indikasi erosi, dimana nilai nya semakin tinggi, warna kuning menandakan identifikasi area dengan indikasi erosi sedang. Sedangkan warna merah menandakan area dengan indikasi erosi tinggi. Wilayah indikasi erosi sedang dan tinggi pada wilayah WS Pasee-Peusangan berada di arah selatan, dimana pada wilayah ini mememunyai topografi gugusan pegunungan dengan jenis tanah alluvial. Sehingga potensi terjadi erosi di kawasan ini menjadi tinggi. Total Suspended sedimentasi di Krueng Pasee berkisar 12.73-122 mm/lt akibat erosi yang terjadi (Ramli et al., 2021).

Nilai erosi paling tinggi di WS Peusangan adalah pada rentang 12240-28512 ton/ha/tahun dan nilai terendah adalah 0 - 690. Wilayah tinggi erosi didominasi pada dataran tinggi pada wilayah tersebut, sementara wilayah dataran rendah yang berkederatan dengan wilayah pesisir, teridentifikasi sebagai area dengan indikator erosi rendah. Tabel kategori nilai erosi dari hasil perhitungan RUSLE dapat ditampilkan pada Tabel 6. Penataan ruang untuk penyelamatan wilayah yang berkonservasi tinggi untuk kontrol erosi dan sedimentasi sangat diperlukan (Syafjanuar et al., 2021).

**Tabel 6.** Perhitungan RUSLE nilai Kehilangan Tanah di WS Pasee-Peusangan

No	Soil Loss (ton/ha/thn)	Kategori	Persentas (%)
1	0 - 6,90	Sangat Rendah	14,2
2	6,90 - 34,20	Rendah	73,3
3	34,20 - 72,00	Sedang	1,5
4	72,00 - 122,40	Tinggi	7,6
5	122,40 - 285,12	Sangat Tinggi	3,4

Jenis tanah, karakteristik curah hujan, karakteristik aliran sungai dan pola drainase semuanya berpengaruh besar terhadap luasan dan tingkat keparahan erosi tanah dan banjir. Namun, aktivitas antropogenik, khususnya penggundulan hutan, memiliki dampak yang signifikan tingkat kehilangan tanah yang diperparah secara global. Meski hujan deras adalah yang utama penyebab banjir, penyumbatan aliran air, masalah yang terkait dengan pertumbuhan ekonomi dan penggundulan hutan, memperparah bencana banjir (Danumah et al., 2016). Laju deforestasi yang tinggi mengurangi jumlah air yang meresap kedalam tanah (Ramli et al., 2021) dan dengan demikian meningkatkan limpasan. Karena urbanisasi dan pengendalian banjir yang tidak memadai infrastruktur juga menghasilkan tingkat limpasan permukaan yang lebih tinggi, meningkatkan kerentanan cekungan terhadap banjir. Dengan demikian, pemahaman yang lebih baik tentang ancaman hidrologi dan geomorfologi seperti banjir, kehilangan tanah dan gerakan massa membutuhkan studi holistic atribut fisik cekungan (Bassey Eze & Efiog, 2010) dan aktivitas thropogenik wilayah tersebut.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Nilai erosi paling tinggi di WS Peusangan adalah pada rentang 122,40- 285,12 ton/ha/tahun yang berada pada daerah selatan dan nilai terendah adalah 0 - 6,90 ton/ha/tahun dan berada sebagian besarnya di wilayah utara. Berdasarkan perhitungan metode RUSLE, di WS Pasee-Peusangan 73,3% merupakan daerah dengan erosi yang rendah. Faktor LS merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap erosi di WS Pasee-Peusangan. Jenis tanah, karakteristik curah hujan, karakteristik aliran sungai dan pola drainase semuanya berpengaruh besar terhadap luasan dan tingkat erosi tanah dan sedimentasi. Namun, aktivitas antropogenik, khususnya penggundulan hutan memiliki dampak yang signifikan tingkat kehilangan tanah secara global.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada BKMKG Indrapuri dan Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung yang telah mendukung data penelitian.

### PENDANAAN

Penelitian ini didukung oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat dari dana PNBPU Universitas Syiah Lingkungan dengan No Kontrak: 428/UN11.2.1/PT.01.03/PNBPU/2023.

### CONFLICT OF INTEREST

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dengan pihak mana pun. Penelitian ini tidak ada konflik kepentingan antar penulis dan pemberi data. Penyandang dana (Universitas Syiah Kuala) sangat mendukung dalam desain penelitian dari hibah Tesis Magister; pengumpulan data, analisis atau interpretasi data. Untuk publikasi dari hibah penelitian ini sesuai dengan perjanjian akan dipublikasi pada jurnal sinta 2.

## DAFTAR REFERENSI

- Achmad, A., Ramli, I., & Irwansyah, M. (2020). The impacts of land use and cover changes on ecosystem services value in urban highland areas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 447(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/447/1/012047>
- Achmad, A., Ramli, I., & Nizamuddin. (2023). Impact of land use and land cover changes on carbon stock in Aceh Besar District, Aceh, Indonesia. *Journal of Water and Land Development*, 57(IV -VI), 159-166. <https://doi.org/10.24425/jwld.2023.145346>
- Arunyawat, S., & Shrestha, R. P. (2018). Simulating future land use and ecosystem services in Northern Thailand. *Journal of Land Use Science*, 13(1-2), 146-165. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2018.1496157>
- Aslam, B., Maqsoom, A., Salah Alaloul, W., Ali Musarat, M., Jabbar, T., & Zafar, A. (2021). Soil erosion susceptibility mapping using a GIS-based multi-criteria decision approach: Case of district Chitral, Pakistan. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(2), 1637-1649. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.09.015>
- Bassey Eze, E., & Efiog, J. (2010). Morphometric Parameters of the Calabar River Basin: Implication for Hydrologic Processes. *Journal of Geography and Geology*, 2(1). <https://doi.org/10.5539/jgg.v2n1p18>
- Chuenchum, P., Xu, M., & Tang, W. (2020). Predicted trends of soil erosion and sediment yield from future land use and climate change scenarios in the Lancang-Mekong River by using the modified RUSLE model. *International Soil and Water Conservation Research*, 8(3), 213-227. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.06.006>
- Danumah, J. H., Odai, S. N., Saley, B. M., Szarzynski, J., Thiel, M., Kwaku, A., Kouame, F. K., & Akpa, L. Y. (2016). Flood risk assessment and mapping in Abidjan district using multi-criteria analysis (AHP) model and geoinformation techniques, (cote d'ivoire). *Geoenvironmental Disasters*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40677-016-0044-y>
- Devatha, C. P., Deshpande, V., & Renukaprasad, M. S. (2015). Estimation of Soil loss Using USLE Model for Kulhan Watershed, Chattisgarh- A Case Study. *Aquatic Procedia*, 4, 1429-1436. <https://doi.org/10.1016/j.aapro.2015.02.185>
- Durigon, V. L., Carvalho, D. F., Antunes, M. A. H., Oliveira, P. T. S., & Fernandes, M. M. (2014). NDVI time series for monitoring RUSLE cover management factor in a tropical watershed. *International Journal of Remote Sensing*, 35(2), 441-453. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.871081>
- Fachruddin, F., Sirait, S., Alimuddin, A., & Ramli, I. (2021). Kajian Tingkat Bahaya Erosi dan Kekritisannya Pada DAS Krueng Raya, Provinsi Aceh Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 9(2), 154-164. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2021.009.02.06>
- Fagbohun, B. J., Anifowose, A. Y. B., Odeyemi, C., Aladejana, O. O., & Aladeboyeje, A. I. (2016). GIS-based estimation of soil erosion rates and identification of critical areas in Anambra sub-basin, Nigeria. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(3). <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0218-3>



- Gürtekin, E., & Gökçe, O. (2021). Estimation of erosion risk of Harebakayış sub-watershed, Elazığ, Turkey, using GIS based RUSLE model. *Environmental Challenges*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100315>
- Kayet, N., Pathak, K., Chakrabarty, A., & Sahoo, S. (2018). Evaluation of soil loss estimation using the RUSLE model and SCS-CN method in hillslope mining areas. *International Soil and Water Conservation Research*, 6(1), 31-42. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.11.002>
- Kebede, Y. S., Endalamaw, N. T., Sinshaw, B. G., & Atinkut, H. B. (2021). Modeling soil erosion using RUSLE and GIS at watershed level in the upper beles, Ethiopia. *Environmental Challenges*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2020.100009>
- Khosrokhani, M., & Pradhan, B. (2014). Spatio-temporal assessment of soil erosion at Kuala Lumpur metropolitan city using remote sensing data and GIS. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 5(3), 252-270. <https://doi.org/10.1080/19475705.2013.794164>.
- Kumar, S., & Kushwaha, S. P. S. (2013). Modelling soil erosion risk based on RUSLE-3D using GIS in a Shivalik sub-watershed. *Journal Earth System Sciences*, 2, 389-398.
- Olorunfemi, I. E., Komolafe, A. A., Fasinmirin, J. T., Olufayo, A. A., & Akande, S. O. (2020). A GIS-based assessment of the potential soil erosion and flood hazard zones in Ekiti State, Southwestern Nigeria using integrated RUSLE and HAND models. *Catena*, 194. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104725>
- Ramli, I., Achmad, A., Anhar, A., & Izzaty, A. (2021). Landscape patterns changes and relation to water infiltration of Krueng Peusangan Watershed in Aceh. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 916, Issue 1). IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/916/1/012017>
- Ramli, I., Nabila, F., Satriyo, P., & Jayanti, D. S. (2023). Model pengelolaan lahan kritis pada daerah aliran sungai krueng peusangan menggunakan sistem dinamik. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 11(1), 44-55. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v11i1.469>
- Rishki Ananda, K., & Iqbal, D. (2021). Analisis pengelolaan das peusangan berkelanjutan, Provinsi Aceh. *Agrienvi*, 15(2), 66-76. <https://doi.org/10.36873/aev.2021.15.2.66>
- Singh, G., & Panda, R. K. (2017). Grid-cell based assessment of soil erosion potential for identification of critical erosion prone areas using USLE, GIS and remote sensing: A case study in the Kapgari watershed, India. *International Soil and Water Conservation Research*, 5(3), 202-211. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.05.006>
- Syafjanuar, T. E., Siregar, K., & Ramli, I. (2021). High conservation value approach in controlling water catchment area as a provider of environmental services. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 644(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/644/1/012038>
- Wulandari, A., Kun Cahyono, B., & Korespondensi, P. (2020). Volume Sedimentasi Waduk Sermo Menggunakan Metode RUSLE, E., dan Angkutan Sedimen. *JGISE*, 3(1), 39-48. <https://doi.org/10.22146/jgise>

Zerihun, M., Mohammedyasin, M. S., Sewnet, D., Adem, A. A., & Lakew, M. (2018). Assessment of soil erosion using RUSLE, GIS and remote sensing in NW Ethiopia. *Geoderma Regional, 12*, 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2018.01.002>