

Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Prediksi Erosi Lahan dengan Metode MUSLE

Rianty Sihaloho¹, Bambang Sujatmoko^{*2}, Manyuk Fauzi³

1,2,3 Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293 Telp. (0761)
52324

Email: rianty.sihaloho@student.unri.ac.id, b.sujatmoko@eng.unri.ac.id
manyuk.fauzi@lecturer.unri.ac.id

ABSTRAK

Perubahan tata guna lahan dapat mempengaruhi jumlah erosi dan sedimentasi pada suatu DAS. Metode MUSLE digunakan untuk mengestimasi besar erosi pada lahan dan SIG untuk menentukan parameter-parameter MUSLE. Nilai sedimentasi lahan didapat dari pengurangan antara nilai erosi yang terjadi pada sub DAS dengan nilai kapasitas angkutan yang terjadi pada setiap sub DAS. Pada Sub DAS Sail, nilai kapasitas angkutan lebih besar dibandingkan dengan nilai erosi yang terjadi, sehingga hasil erosi yang ada pada lahan akan terbawa masuk ke dalam sungai. Hasil analisis menunjukkan nilai erosi lahan total dengan 7 sub DAS sebesar 5.927.888,464209 ton/tahun, nilai erosi lahan total dengan 10 sub DAS sebesar 5.927.941,901744 ton/tahun, dan nilai erosi lahan total dengan 25 sub DAS sebesar 5.927.941,901596 ton/tahun. Potensi erosi hasil perhitungan terbesar yang terbawa ke dalam sungai sebesar 5.927.886,46 ton/tahun.

Kata Kunci: Tata guna lahan, sedimentasi lahan, erosi, MUSLE, SIG

ABSTRACT

Modifying of Land use can affect the amount of erosion and sedimentation in a watershed. The MUSLE method is used to estimate the amount of erosion on land and GIS to determine MUSLE parameters. The value of land sedimentation is obtained from the reduction between the value of erosion that occurs in the sub-watershed and the value of the transport capacity that occurs in each sub-watershed. In the Sail Sub-watershed, the value of the transport capacity is greater than the value of erosion that occurs, so that the results of erosion on the land will be carried into the river. The results of the analysis showed that the total land erosion value with 7 sub-watersheds was 5,927,888,464209 tons / year, the total land erosion value with 10 sub-watersheds was 5,927,941.901744 tons / year, and the total land erosion value with 25 sub-watersheds was 5,927 .941.901596 tons / year. The largest calculated erosion potential that is carried into the river is 5,927,886.46 tons / year.

Keywords: Land use, land sedimentation, erosion, MUSLE, GIS

1. PENDAHULUN

Sungai Sail banyak mengalami penurunan kualitas dan banyak merugikan masyarakat sekitar. Dampak yang ditimbulkan yaitu semakin meningkatnya frekuensi banjir yang terjadi dari tahun ke tahun. Rusaknya tata guna lahan memberikan andil yang sangat besar terhadap kuantitas banjir tersebut [2]. Menurut masyarakat setempat, hal ini dikarenakan dasar Sungai Sail yang bermuara ke Sungai Siak sudah sangat dangkal akibat tebing sungai yang runtuh. Tebing sungai di sepanjang Sungai Sail akan mudah mengalami pengikisan (erosi) dikarenakan adanya perubahan tata guna lahan. Perubahan tata guna lahan akan membuat tanah/tebing di sekitar sungai

tidak kuat menahan air yang jatuh, sehingga tanah akan terkikis dan mengalir bersama air hujan.

Tanah/tebing di sekitar sungai yang terkikis (erosi) akan menjadi bahan sedimentasi di tempat lain. Tanah/tebing sungai yang terkikis akan masuk ke dalam sungai dan mengalami pengendapan (sedimentasi).

Fenomena hubungan ini adalah hubungan antara erosi sebagai proses penghancuran atau degradasi permukaan bumi dan terlepasnya partikel-partikel tanah oleh [2]. Sedangkan sedimentasi adalah proses pengendapan partikel-partikel tanah hasil erosi yang tersuspensi di dalam air dan diangkut oleh aliran air dimana kecepatan aliran telah menurun [1]. Sedimentasi tersebut akan menyebabkan sungai menjadi dangkal sehingga

sungai tidak mampu menampung debit air dan terjadilah banjir.

Frekuensi terjadinya banjir di sekitar Sungai Sail dapat diminimalisir dengan cara mengendalikan tingkat erosi dan sedimentasi yang terjadi pada sungai. Oleh sebab itu perlu dilakukannya penelitian tentang erosi dan sedimentasi pada Sungai Sail untuk memprediksi besarnya erosi dan sedimentasi yang masuk ke sungai. Dengan mengetahui berapa banyak erosi dan sedimentasi yang terjadi pada sungai Sail, maka akan memudahkan pemerintah setempat dalam melakukan pemeliharaan Sungai Sail dan pengelolaan lahan di sekitar sungai. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode atau aplikasi yang dapat memprediksi erosi dan sedimentasi. Metode yang sudah banyak digunakan antara lain metode USLE, MUSLE, RUSLE, SDR, AGNPS, dan SWAT.

MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) merupakan pengembangan dari persamaan USLE dan dapat menduga laju erosi dan sedimentasi dengan cukup baik. MUSLE mendasarkan *rainfall-runoff* sebagai basis persamaan. MUSLE tidak menggunakan faktor energi hujan sebagai penyebab terjadinya erosi, melainkan menggunakan faktor limpasan permukaan. Oleh sebab itu, MUSLE tidak memerlukan faktor *sediment delivery ratio* (SDR) karena faktor limpasan permukaan mewakili energi yang digunakan untuk penghancuran dan pengangkutan sedimen. Kelebihan dari metode ini yaitu mudah dikelola, digunakan secara luas di seluruh dunia, relatif sederhana, serta parameter masukan yang diperlukan relatif sedikit dibandingkan dengan model lainnya. GIS memudahkan dalam mengevaluasi kondisi penggunaan lahan di lokasi penelitian. Oleh sebab itu, hasil prediksi erosi dan sedimentasi dalam penelitian ini akan diperoleh dengan menggunakan metode MUSLE dengan bantuan GIS.

Penelitian ini relevan dengan penelitian yang dilakukan oleh Eva Meylina (2015), dengan judul “*Estimasi Tingkat Erosi pada Sistem Tumpsng Sari Kopi-Tanaman Semusim Menurut Metode MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) di Desa Pace Kecamatan Silo Kabupaten Jember*”. Penelitian ini relevan dengan penelitian yang dilakukan karena sama-sama memprediksi tingkat erosi dengan menggunakan metode MUSLE serta menggunakan software GIS. Perbedaan penelitian yang dilakukan terletak pada daerah penelitian yang diteliti [3].

Penelitian yang relevan juga dilakukan oleh Tita Eka Sari (2011), dengan judul “*Kajian Sedimentasi dengan Model MUSLE pada DAS Babon Propinsi Jawa Tengah*”. Penelitian ini menggunakan Metode MUSLE, sama dengan

penelitian yang dilakukan. Perbedaannya terletak pada daerah penelitian dimana penelitian ini dilakukan pada DAS Sail. Selain itu, perbedaannya terletak pada *software* GIS yang digunakan. Pada penelitian Tita ini tidak menggunakan GIS, sehingga melakukan analisis laboratorium untuk menentukan jenis tanah dan lainnya [6].

Selanjutnya, penelitian yang relevan juga dilakukan oleh Aisah Kurnia Utami (2019), dengan judul “*Kajian Sedimentasi pada DAS Sail Pekanbaru dengan Menggunakan SIG dan Metode USLE*”. Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan adalah sama-sama menganalisis tingkat erosi dan sedimentasi pada DAS Sail Pekanbaru serta menggunakan software GIS. Sedangkan yang menjadi pembedanya adalah metode yang digunakan, dimana penelitian ini menggunakan Metode MUSLE [9].

Pada penelitian ini akan melakukan variasi sub DAS, untuk melihat apakah dengan melakukan variasi sub DAS akan menghasilkan perbedaan hasil yang signifikan. Metode MUSLE ini sangat penting dilakukan karena terbatasnya ketersediaan data sedimen dan erosi di DAS Sail, sehingga hasil analisisnya akan berguna dalam pengelolaan DAS Sail kedepannya.

2. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

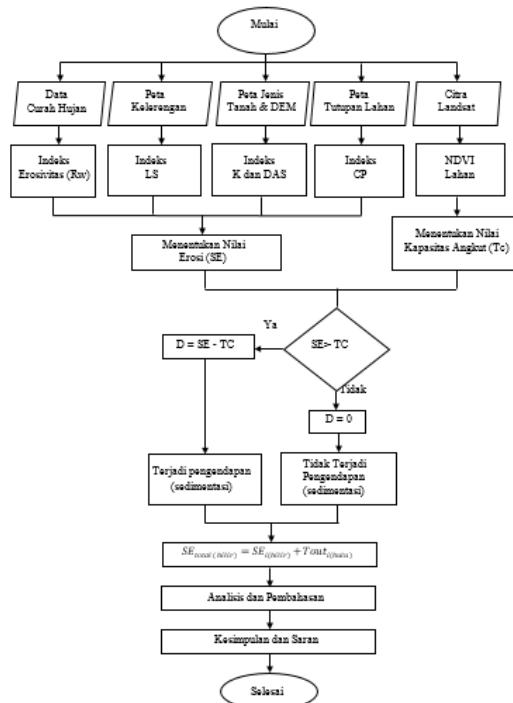
DAS Sail yang merupakan bagian dari DAS Siak yang sebagian besar areanya termasuk dalam administrasi Kota Pekanbaru. DAS Sail terdiri dari 4 kecamatan, yaitu Kecamatan Bukit Raya, Kecamatan Sail, Kecamatan Tenayan Raya, dan Kecamatan Lima Puluh.



Gambar 1 Lokasi DAS Sail

Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir

Gambar 2 merupakan proses perencanaan mulai dari mengumpulkan berbagai data yang diperlukan seperti Data curah hujan dalam kala 10 tahun, Data jenis tanah, Data DEM, Peta penutupan lahan dan Citra Landsat yang diperoleh dari berbagai Sumber. Data yang diperoleh akan diolah menggunakan software GIS dan dengan perhitungan *excel*. Data yang diolah dengan menggunakan software GIS seperti peta tutupan lahan yang digunakan untuk mendapatkan indeks CP, peta jenis tanah untuk mendapatkan indeks K, peta kemiringan lereng untuk mendapatkan indeks LS, DEM untuk menentukan peta DAS, peta citra landsat untuk mendapatkan nilai NDVI.

Data yang diolah dengan *excel* yaitu data curah hujan dan perhitungan erosi dengan metode MUSLE serta sedimentasi. Analisis frekuensi curah hujan didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan yang akan datang. Analisis frekuensi dapat diterapkan untuk data debit sungai atau data hujan. Data yang digunakan adalah data debit atau hujan maksimum tahunan, yaitu data yang terbesar yang terjadi selama satu tahun, yang terukur selama beberapa tahun [8].

Penentuan Erosi dengan Metode MUSLE

Model erosi MUSLE merupakan pengembangan dari persamaan USLE dimana *rainfall-runoff* sebagai basis persamaan MUSLE. Pada Metode MUSLE faktor energi curah hujan digantikan dengan faktor limpasan permukaan.

Metode MUSLE dapat dirumuskan sebagai berikut [5] :

$$Y = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

dengan :

R : faktor erosivitas limpasan permukaan (m^2/jam)

Y : hasil sedimen (ton)

K : faktor erodibilitas tanah

LS : faktor topografi panjang dan kemiringan lereng

C : faktor penutupan tanah oleh tanaman

P : faktor tindakan konservasi tanah

Penentuan Faktor Erosivitas Limpasan Permukaan (Rw)

Data curah hujan yang diperoleh kemudian akan diolah dengan analisis hidrologi untuk mendapatkan variabel dalam menentukan nilai Rw . Indeks Erosivitas dapat dihitung menggunakan analisis Rw [7].

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

Harga rata-rata

$$X_{rata-rata} = \frac{\sum_i^n X_i}{n} \quad (2)$$

Deviasi Standar (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{rata-rata})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Koefisien Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (X_i - X_{rata-rata})^3}{(n-1)(n-2) \times S^3} \quad (4)$$

Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (X_i - X_{rata-rata})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^3} \quad (5)$$

Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{X_{rata-rata}} \quad (6)$$

dengan :

$X_{rata-rata}$: nilai curah hujan maksimum harian rata-rata (mm)

X_i : nilai curah hujan maksimum pada tahun-i (mm)

n : jumlah tahun

S : deviasi standar

Cs : koefisien skewness

Ck : koefisien kurtosis

Cv : koefisien variasi

Tabel 1 Syarat Uji Distribusi

Jenis Distibusi	Cs	Ck	Syarat		Kesimpulan
			Cs	Ck	
Normal	0,393	-	Cs≈0	Ck≈3	Tidak Memenuhi
Log Normal	0,393	-	Cs=0,43	Ck=3,33	Tidak Memenuhi
Gumbel	0,393	-	Cs≤1,14	Ck≤5,4	Memenuhi
Log Pearson III	0,393	-	Selain dari nilai di atas		Tidak Memenuhi

Dari perhitungan yang dilakukan maka diperoleh nilai masing-masing parameter dispersi yaitu harga rata-rata = 23,58 mm, koefisien skewness = 0,39, koefisien kurtosis = -0,27, dan koefisien variasi = 0,27. Nilai masing-masing dispersi kemudian dicocokkan dengan tabel 1, maka diperoleh uji distribusi yang digunakan yaitu distribusi Gumbel.

Lalu selanjutnya menentukan intensitas hujan (I), waktu konsentrasi (T_c), koefisien aliran (C), debit puncak (Q_p), dan volume aliran (V_q) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Time of Concentration (T_c)

Besarnya nilai T_c dapat diketahui setelah panjang sungai (L) dan kemiringan sungai (S) diketahui. Nilai T_c dapat dihitung menggunakan persamaan Kirpich berikut :

$$T_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \quad (7)$$

dengan :

- T_c : waktu konsentrasi (jam)
- L : panjang sungai utama (m)
- S : kemiringan sungai

Intensitas Hujan (I)

Intensitas curah hujan dapat dihitung menggunakan persamaan Mononobe berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3} \quad (8)$$

dengan :

- I : intensitas hujan (mm/jam)
- T_c : waktu konsentrasi (jam)
- R_{24} : hujan maksimum periode ulang (mm)

Koefisien Aliran (C)

Koefisien pengaliran adalah persentase jumlah air yang dapat melimpas melalui permukaan tanah dari keseluruhan air hujan yang jatuh pada suatu daerah [8]. Koefisien limpasan (C) dapat diperkirakan dengan meninjau tata guna lahan. Jika DAS terdiri dari berbagai macam penggunaan lahan dan koefisien aliran permukaan berbeda, maka C yang dapat dipakai adalah koefisien yang dihitung menggunakan persamaan berikut [10] :

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot A_i}{A_i} \quad (9)$$

dengan:

- A_i : Luas lahan dengan jenis penutup tanah i
- C_i : Koefisien aliran permukaan jenis penutup
- n : Jumlah jenis penutup lahan.

Debit Puncak (Q_p)

Debit puncak (Q_p) dihitung menggunakan metode rasional. Metode rasional banyak digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras. Metode rasional didasarkan pada persamaan berikut :

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A \quad (10)$$

dengan :

- Q_p : debit puncak (m³/s)

- C : koefisien aliran (berdasarkan tabel)

- I : intensitas hujan (mm/jam)

- A : luas daerah pengaliran (km²)

Volume Aliran (V_q)

Volume aliran permukaan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$V_q = C \cdot H_{max} \times C \quad (11)$$

dengan :

- V_q : volume aliran permukaan (m³)

- H_{max} : curah hujan maksimum periode ulang (mm/hari)

- C : koefisien aliran

Setelah semua data untuk menghitung limpasan permukaan didapatkan, maka selanjutnya adalah menghitung limpasan permukaan dengan persamaan sebagai berikut :

$$R_w = 11,8 \times (V_q \cdot Q_p)^{0,56} \quad (12)$$

dengan :

- R_w : indeks erosivitas limpasan permukaan (m²/jam)

- V_q : total volume aliran permukaan (m³)

- Q_p : debit puncak (m³/s)

Penentuan K, LS, dan CP

Penentuan faktor erodibilitas Tanah (K), faktor kemiringan lereng (LS), dan faktor tutupan lahan (CP) dilakukan dengan melakukan proses tumpang tindih (overlay) antara DAS Sail dengan masing-masing peta yang didapatkan dari PUPR Kota Pekanbaru dengan bantuan software GIS. Setelah dilakukan proses tumpang tindih, maka akan didapatkan jenis tanah, tingkat kelerengan, serta jenis tutupan lahan yang terdapat pada DAS Sail.

Penentuan Kapasitas Angkutan Sedimen

Besarnya tingkat erosi akan mempengaruhi hasil sedimentasi di DAS. Karakteristik fisik DAS juga mempengaruhi besarnya sedimen yang

dihasilkan. Hasil sedimentasi ini merupakan pelapukan dari material-material yang dibawa oleh aliran air. Untuk dapat mengetahui berapa besar sedimen yang diangkut oleh aliran dapat diketahui dari kapasitas angkut sedimen. Kapasitas angkut sedimen merupakan besarnya butiran tanah yang dialirkan oleh aliran air akibat erosi yang dipengaruhi oleh jenis vegetasi dan kemiringan lereng. Untuk memperkirakan kapasitas angkut sedimen suatu lahan dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$TC_i = K_{TCi} \times R \times K_i \times A_{si}^{1,44} S_i^{1,44} \quad (13)$$

$$K_{TCi} = \beta * \exp \left[\frac{-NDVI}{1-NDVI} \right] \quad (14)$$

dengan :

K_{TCi} : koefisien kapasitas angkutan sedimen (kg/ha/tahun)

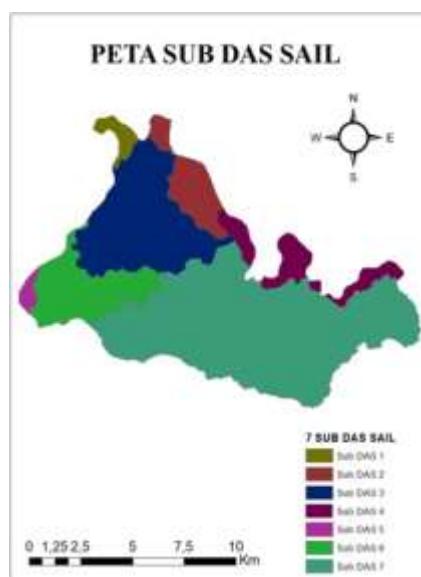
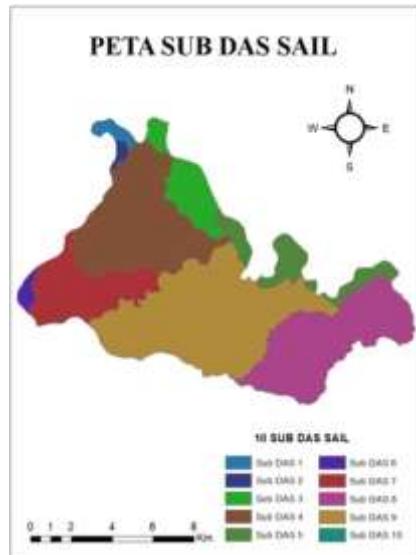
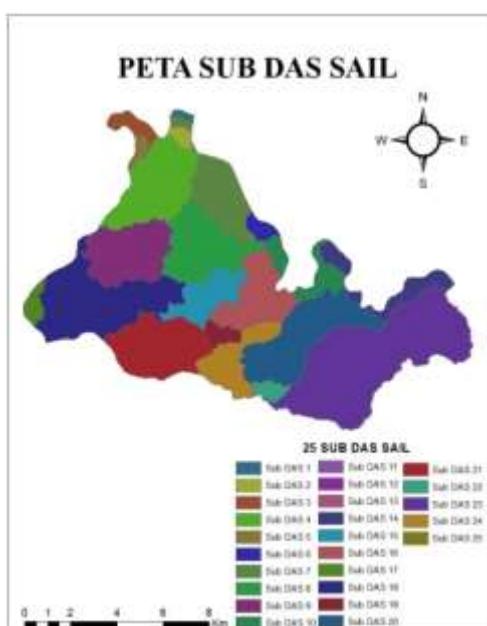
R : erosivitas curah hujan tahunan rata-rata

K_i : indeks erodibilitas tanah

A_s : luas sebaran kemiringan lereng (ha)

S_i : sebaran kemiringan lereng (%)

Kapasitas angkutan (T_c) dan koefisien kapasitas angkutan diperoleh berdasarkan nilai dari NDVI yang berdasarkan pada jenis sebaran vegetasi pada masing-masing lahan. DAS Sail pada penelitian ini akan divariasikan jumlah sub DAS, yaitu terdiri atas 7 sub DAS, 10 sub DAS, dan 25 sub DAS yang dapat dilihat pada gambar beikut 3.



Gambar 3 Variasi Sub DAS SAIL

Penentuan Sedimentasi Lahan

Nilai endapan lahan dapat ditentukan berdasarkan ketentuan berikut :

Jika erosi tanah (SE) > kapasitas angkut (TC), maka akan terjadi sedimentasi (D). Persamaan untuk menghitung sedimentasi adalah sebagai berikut :

$$D_i = SE_i - TC_i \quad (15)$$

Jika erosi tanah (SE) > kapasitas angkut (TC), maka besarnya erosi yang terangkut ($Tout$) menuju sub DAS hilir selanjutnya adalah sebesar TC . Maka persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Tout_{(i)} = TC_i \quad (16)$$

Jika erosi tanah (SE) < kapasitas angkut (TC), maka tidak akan terjadi sedimentasi, karena semua erosi akan terangkut menuju sub DAS hilir. Persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$D_i = 0 \quad (17)$$

Jika erosi tanah (SE) < kapasitas angkut (TC), maka besarnya erosi yang terangkut (Tout) menuju sub DAS hilir selanjutnya adalah sebesar SE. Maka persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Tout_{(i)} = SE_i \quad (18)$$

Nilai erosi total pada sub DAS hilir didapatkan dengan menjumlahkan nilai erosi yang terangkut dengan nilai erosi pada sub DAS hilir. Persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$SE_{total(hilir)} = SE_{i(hilir)} + Tout_{i(hulu)} \quad (19)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor Erosi MUSLE

Setelah jenis distribusi diketahui, maka selanjutnya dapat menghitung waktu konsentrasi dan Intensitas Hujan dengan menggunakan persamaan 7-8. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Intensitas Hujan dan Waktu Konsentrasi

No.	Periode Ulang T	Hujan Maksimum (mm)	Tc (jam)	I (mm/jam)
1	2	71,459	4,088	56,895
2	5	99,619	4,088	79,316
3	10	118,259	4,088	94,157
4	20	136,137	4,088	108,391
5	50	159,280	4,088	126,818
6	100	176,624	4,088	140,627

Koefisien aliran (C) ditentukan dengan menggunakan persamaan 9, sehingga diperoleh besarnya nilai koefisien aliran (C) sebesar 0,491. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai Koefisien Aliran

Tutupan Lahan	Harga C	A (Ha)	C*A
Tegalan Ladang	0,7	1577,000	1103,900
Tanah Kosong	0,2	88,130	17,626
Semak Belukar	0,07	815,227	57,066
Sawah Tadah Hujan	0,15	41,372	6,206
Rawa	0,15	2,333	0,350
Perkebunan	0,4	4794,906	1917,962
Pemukiman	0,6	4731,944	2839,166
Hutan Rimba	0,02	58,000	1,160
Empang	0,05	6,680	0,334
Total		12115,592	5943,7704
C	0,490588528		

Selanjutnya menentukan besarnya debit puncak dan volume aliran dengan menggunakan persamaan 10-11. Contoh perhitungan dapat dilihat sebagai berikut :

Dari perhitungan sebelumnya dan dari pengolahan GIS telah diketahui :

$$C = 0,491 \quad I = 94,157 \text{ mm/jam} \quad A = 121,24 \text{ km}^2$$

$$(Chmax) = 118,259$$

Maka :

$$Qp = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$Qp = 0,278 \times 0,491 \times 94,157 \text{ mm/jam} \times 121,24 \text{ km}^2$$

$$Qp = 1556,9 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Vq = Chmax \times C$$

$$Vq = 118,259 \times 0,491$$

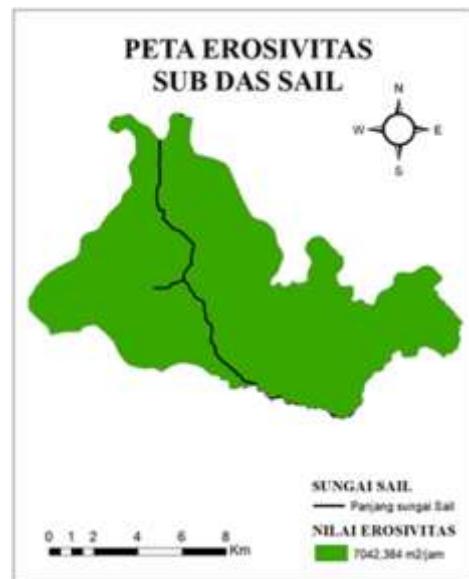
$$Vq = 58,017 \text{ m}^3$$

Setelah semua data untuk menghitung limpasan permukaan didapatkan, maka selanjutnya adalah menghitung limpasan permukaan dengan persamaan 12 sebagai berikut :

$$Rw = 11,8 \times (Vq \cdot Qp)^{0,56}$$

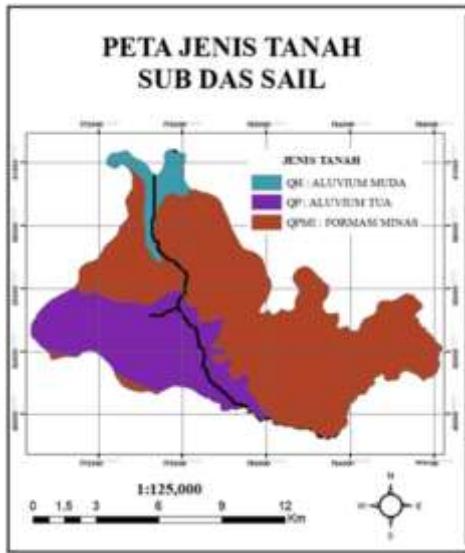
$$Rw = 11,8 \times (58,017 \text{ m}^3 \times 1556,9 \text{ m}^3/\text{detik})^{0,56}$$

$$Rw = 7.032,948 \text{ m}^2/\text{jam}$$



Gambar 4 Peta Erosivitas Limpasan Sub DAS Sail

Dari Gambar 4 terlihat seluruh DAS Sail tersebar dengan luas 12.124,76 Ha dan peta sebaran nilai erosivitas limpasan permukaannya (Rw) sebesar 7.032,948 m²/jam.



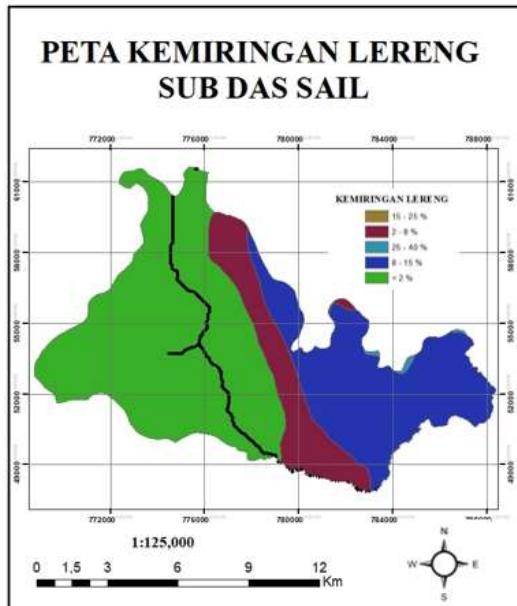
Peta jenis tanah DAS Sail (Gambar 5) dan Peta Tutupan Lahan (Gambar 6) ditentukan dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG) berdasarkan pengelolaan dan penggunaan lahan serta jenis tanah pada masing-masing sub DAS. Pada Gambar 5 nilai jenis tanah yang terdapat pada DAS Sail terdapat tiga jenis yaitu Aluvium Muda dengan nilai erodibilitas (K) 0,251, Aluvium Tua nilai erodibilitas (K) nya 0,073 dan Formasi Minas dengan nilai erodibilitas nya (K) 0,24.



Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa terdapat 9 jenis tutupan lahan pada DAS Sail. Untuk luasan dan nilai faktor tutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tutupan Lahan	Harga C	A (Ha)	C*A
Tegalan Ladang	0,7	1577,000	1103,900
Tanah Kosong	0,2	88,130	17,626
Semak Belukar	0,07	815,227	57,066
Sawah Tadah Hujan	0,15	41,372	6,206
Rawa	0,15	2,333	0,350
Perkebunan	0,4	4794,906	1917,962
Pemukiman	0,6	4731,944	2839,166
Hutan Rimba	0,02	58,000	1,160
Empang	0,05	6,680	0,334
Total		12115,592	5943,770
C			0,491

Dari Tabel 4 didapatkan total luas tutupan lahan adalah 12.091,24 Ha. Perkebunan merupakan tutupan lahan pada DAS Sail yang lebih dominan dibandingkan dengan tutupan lahan lainnya, dengan luas 4.788,47 Ha, dan nilai CP 0,5.



Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa kemiringan lereng pada DAS Sail terdiri dari 5 tingkatan, yaitu <2%, 2-8%, 8-15%, 15-25%, dan 25-40%. Selanjutnya seluruh faktor yang mempengaruhi perhitungan metode MUSLE dihitung dengan persamaan 1 untuk menentukan besarnya erosi pada DAS Sail dengan variasi DAS. Besarnya erosi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Nilai Erosi MUSLE dengan Variasi Sub DAS

SUB DAS	EROSI (TON/THN)			SUB DAS	EROSI (TON/THN)			
	7 SUB DAS	10 SUB DAS	25 SUB DAS	24	7 SUB DAS	10 SUB DAS	25 SUB DAS	
				25	-	-	450,095	
1	53.368,416	31.750,426	5.133,403	TOTAL	5.927.888,46	5.927.941,90	5.927.941,90	
2	309.572,980	21.594,053	13.384,300	Pada Tabel 5 dapat diketahui total erosi pada setiap variasi sub DAS, yaitu 7 sub DAS, 10 sub DAS, dan 25 sub DAS. Perbedaan jumlah erosi untuk setiap DAS juga dapat ditentukan, dimana perbedaan antara 7 sub DAS dengan 10 sub DAS berkisar sekitar 53 ton/tahun, sedangkan perbedaan antara 10 sub DAS dengan 25 sub DAS hanya berkisar 0,0001 ton/tahun.				
3	847.983,084	309.572,980	31.750,426					
4	1.013.215,775	848.007,019	307.334,267					
5	9.146,461	1.013.222,571	21.594,053					
6	131.870,069	9.146,461	117.325,182					
7	3.562.731,679	131.473,413	291.013,343					
8	-	2.233.631,282	280.852,059					
9	-	1.329.093,601	259.814,603					
10	-	450,095	372.323,860					
11	-	-	46,941					
12	-	-	42,320					
13	-	-	13,412					
14	-	-	523.631,404					
15	-	-	71.050,397					
16	-	-	339.154,810					
17	-	-	9.146,461					
18	-	-	131.543,647					
19	-	-	17.315,724					
20	-	-	720.271,278					
21	-	-	84.887,364					
22	-	-	19.179,088					
23	-	-	2.233.630,884					

Endapan Lahan dan Sedimentasi yang masuk ke sungai

Sebagian hasil erosi ada yang akan mengendap di sub DAS, dan akan ada yang terangkat menuju sungai. Hasil erosi yang mengendap tersebut yang dinamakan sedimentasi. Dalam menentukan sedimentasi diperlukan nilai kapasitas angkutan sedimen yang ditentukan berdasarkan nilai NDVI. Dari analisis data dengan menggunakan SIG diperoleh hasil klasifikasi tingkat kerapatan vegetasi pada DAS Sail, terbagi menjadi 3 kelas yaitu Jarang, sedang, dan padat. Setelah diperoleh nilai NDVI setiap sub DAS, maka nilai kapasitas angkutan sedimen dan koefisien kapasitas angkut sedimen dapat dihitung dengan persamaan 3-14. Lalu penentuan terjadinya sedimentasi atau tidak pada suatu lahan ditentukan dengan persamaan 15-19. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6-8.

Tabel 6 Erosi lahan yang masuk ke sungai (variasi 7 sub DAS)

SUB DAS	Arah	Tin	SE	SE+Tin	Tc	Tout	D
		(Ton/thn)	(Ton/thn)	(Ton/thn)	(Ton/thn)	(Ton/thn)	(Ton/thn)
10	-	7,00	-	450,10	450,10	6,45	6,45
9	5, 8	4,00	3.246.853,85	1.329.093,60	4.575.947,45	211.755.283,19	4.575.947,45
8	-	9,00	-	2.233.631,28	2.233.631,28	272.503.888,50	2.233.631,28
7	6, 10	4,00	9.152,92	131.473,41	140.626,33	5.678.558,50	140.626,33
6	-	7,00	-	9.146,46	9.146,46	10.408,77	9.146,46
5	-	9,00	-	1.013.222,57	1.013.222,57	27.520.533,98	1.013.222,57
4	9,7,3,2 SUNGAI	5.036.014,40	848.007,02	5.884.021,42	73.585.253,34	5.884.021,42	-
3	-	4,00	-	309.572,98	309.572,98	4.880.163,29	309.572,98
2	1,00	4,00	31.750,43	21.594,05	53.344,48	9.867,63	9.867,63
1	-	2,00	-	31.750,43	31.750,43	63.286,55	31.750,43
TOTAL				14.251.713,49			43.920,49

Tabel 7 Erosi lahan yang masuk ke sungai (variasi 10 sub DAS)

SUB DAS	Arah		Tin	SE	SE+Tin	Tc	Tout	D
	Tin	Tout	(Ton/thn)	(Ton/thn)	(Ton/thn)	(Ton/thn)	(Ton/thn)	(Ton/thn)
10	-	7,00	-	450,10	450,10	6,45	6,45	443,64
9	5, 8	4,00	3.246.853,85	1.329.093,60	4.575.947,45	211.755.283,19	4.575.947,45	-
8	-	9,00	-	2.233.631,28	2.233.631,28	272.503.888,50	2.233.631,28	-
7	6, 10	4,00	9.152,92	131.473,41	140.626,33	5.678.558,50	140.626,33	-
6	-	7,00	-	9.146,46	9.146,46	10.408,77	9.146,46	-
5	-	9,00	-	1.013.222,57	1.013.222,57	27.520.533,98	1.013.222,57	-
4	9,7,3,2	SUNGAI	5.036.014,40	848.007,02	5.884.021,42	73.585.253,34	5.884.021,42	-
3	-	4,00	-	309.572,98	309.572,98	4.880.163,29	309.572,98	-
2	1,00	4,00	31.750,43	21.594,05	53.344,48	9.867,63	9.867,63	43.476,84
1	-	2,00	-	31.750,43	31.750,43	63.286,55	31.750,43	-
TOTAL				14.251.713,49				43.920,49

Tabel 8 Erosi lahan yang masuk ke sungai (variasi 25 sub DAS)

SUB DAS	Arah		Tin	SE	SE+Tin	Tc	Tout	D
	Tin	Tout	(Ton/thn)	(Ton/thn)	(Ton/thn)	(Ton/thn)	(Ton/thn)	(Ton/thn)
25	-	18	-	450,10	450,10	6,45	6,45	443,64
24	22	19	13.522,19	77.052,58	90.574,77	541.368,76	90.574,77	-
23	-	20	-	2.233.630,88	2.233.630,88	272.501.976,37	2.233.630,88	-
22	-	24	-	19.179,09	19.179,09	13.522,19	13.522,19	5.656,89
21	-	18	-	84.887,36	84.887,36	1.870.690,34	84.887,36	-
20	14,23,	16	2.757.262,29	720.271,28	3.477.533,57	26.743.233,12	3.477.533,57	-
19	24	15	90.574,77	17.315,72	107.890,50	17.745,67	17.745,67	90.144,83
18	17, 25, 21	9	94.040,28	131.543,65	225.583,93	5.681.807,41	225.583,93	-
17	-	18	-	9.146,46	9.146,46	10.408,77	9.146,46	-
16	11,12,13,10,20	15	3.849.857,43	339.154,81	4.189.012,24	4.405.869,33	4.189.012,24	-
15	16, 19	8	4.296.902,74	71.050,40	4.367.953,13	577.216,31	577.216,31	3.790.736,82
14	-	20	-	523.631,40	523.631,40	5.407.213,73	523.631,40	-
13	-	16	-	13,41	13,41	0,00	0,00	13,41
12	-	16	-	42,32	42,32	0,00	0,00	42,32
11	-	16	-	46,94	46,94	0,00	0,00	46,94
10	-	16	-	372.323,86	372.323,86	2.465.004,63	372.323,86	-
9	18	4	225.583,93	259.814,60	485.398,53	4.268.544,43	485.398,53	-
8	15	4	577.216,31	280.852,06	858.068,37	4.443.927,93	858.068,37	-
7	6	4	117.325,18	291.013,34	408.338,52	3.626.772,97	408.338,52	-
6	-	7	-	117.325,18	117.325,18	133.621,20	117.325,18	-
5	3	4	31.750,43	21.594,05	53.344,48	9.867,63	9.867,63	43.476,84
4	9, 8,7,5,2	SUNGAI	1.771.881,81	307.334,27	2.079.216,08	6.543.656,94	2.079.216,08	-
3	-	5	-	31.750,43	31.750,43	63.286,55	31.750,43	(31.536,12)
2	1	4	1.216,92	13.384,30	14.601,22	10.208,75	10.208,75	4.392,47
1	-	2	-	5.133,40	5.133,40	1.216,92	1.216,92	3.916,48
TOTAL				19.755.076,18				3.907.334,53

Pada Tabel 6-8 dapat dilihat bahwa terdapat sub DAS yang terjadi sedimentasi dan tidak terjadi sedimentasi. Nilai sedimentasi lahan didapat dari pengurangan antara nilai erosi yang terjadi pada sub DAS dengan nilai kapasitas angkutan yang terjadi

Dari Tabel 6-8, dapat dilihat bahwa variasi 7 sub DAS menghantarkan lebih banyak erosi ke dalam sungai karena tidak terjadi sedimentasi pada lahan dan erosi yang terbawa ke dalam sungai sebesar 5.927.886,46 ton/tahun. Pada DAS dengan 10 sub DAS, terjadi 2 sedimentasi pada lahan, yaitu pada sub DAS 10 dan sub DAS 2 dan nilai erosi yang dialirkan ke sungai sebesar 5.884.021,42 ton/tahun. Pada DAS dengan 25 sub DAS, terjadi cukup banyak sedimentasi pada lahan dan nilai erosi yang dialirkan ke dalam sungai adalah yang paling kecil dibandingkan dengan DAS yang lainnya yaitu sebesar 2.079.216,08 ton/tahun.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan erosi dan sedimentasi yang telah dilakukan maka yang dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Nilai erosi lahan yang dihitung dengan menggunakan metode MUSLE lebih besar dibandingkan dengan metode USLE. Nilai Erosi lahan yang dihasilkan dengan metode MUSLE adalah sebesar 53.368,4156 ton/tahun, sedangkan dengan metode USLE sebesar 14.784,7025 ton/tahun.

b. Variasi jumlah sub DAS mempengaruhi nilai erosi lahan total pada setiap DAS, dimana nilai erosi lahan total dengan 7 sub DAS sebesar 5.927.888,464209 ton/tahun, nilai erosi lahan total dengan 10 sub DAS sebesar 5.927.941,901744 ton/tahun, dan nilai erosi lahan total dengan 25 sub DAS sebesar 5.927.941,901596 ton/tahun. Semakin banyak pembagian sub DAS, maka perbedaan nilai erosi lahan total akan semakin kecil.

c. Variasi jumlah sub DAS juga mempengaruhi nilai erosi lahan yang masuk ke dalam sungai. DAS yang terdiri dari 25 sub DAS mengalirkan erosi lahan yang paling kecil dibandingkan DAS lainnya yaitu sebesar 2.079.216,08 ton/tahun, sedangkan DAS yang terdiri dari 7 sub DAS mengalirkan erosi lahan yang paling besar yaitu sebesar 5.927.886,46 ton/tahun. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak pembagian sub DAS, maka nilai erosi lahan yang dialirkan ke dalam sungai akan semakin kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fatmawati. 2016. *Analisis Sedimentasi*

pada setiap sub DAS tersebut. Pada Sub DAS Sail, nilai kapasitas angkutan lebih besar dibandingkan dengan nilai erosi yang terjadi, sehingga hasil erosi yang ada pada lahan akan terbawa masuk ke dalam sungai.

Aliran Sungai Batang Sinamar Bagian Tengah di Kenagarian Koto Tuo Kecamatan Harau Kabupaten Limaa Puluh Kota. Bukittinggi. STIKP Ahlussunah Bukittinggi.

[2] Kodoatje, R.J., Suharyanto, Sangkawati, S., & Edhisono, S. 2002. *Pengelolaan Sumber Daya Air dalam Otonomi Daerah*. Yogyakarta: Andi..

[3] Meylina, E. 2015. *Estimasi Tingkat Erosi pada Sistem Tumpsng Sari Kopi-Tanaman Semusim Menurut Metode MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) di Desa Pace Kecamatan Silo Kabupaten Jember*.

[4] Putra, R.P., Elvyra. R., & Khairijon. 2012. *Kualitas Perairan Sungai Sail Kota Pekanbaru Berdasarkan Koefisien Saprobiik*. Program Studi Biologi S1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau. Pekanbaru.

[5] Rizalihadi, M., Fatimah, E., & Nazia, L. 2013. *Modifikasi Metode Musle dalam Estimasi Erosi Akibat Kehadiran Alur (Rill) dalam Suatu Das*. Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.

[6] Sari, T.E., 2011. *Kajian Sedimentasi dengan Model MUSLE pada DAS Babon Propinsi Jawa Tengah*. Geografi, Universitas Negeri Semarang. Semarang.

[7] Setyono, E & Prasetyo, B. 2012. *Analisa Tingkat Bahaya Erosi pada Sub DAS Lesti Kabupaten Malang Menggunakan Sistem Informasi Geografis*. Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.

[8] Triatmodjo, B. 2010. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.

[9] Utami, A.K., Fauzi. M., Sujatmoko, B. 2019. *Kajian Sedimentasi pada DAS Sail Pekanbaru dengan Menggunakan SIG dan Metode USLE*. J. Teknik, Vol.13 Nomor 1. Universitas Riau. Pekanbaru.

[10] Werokila, D. 2015. *Analisis Koefisien Limpasan pada Persamaan Rasional untuk Menghitung Debit Banjir Rencana DAS Bangga*. Universitas Tadulako. Palu