

Analisis Tingkat Bahaya Erosi Lahan Di Daerah Aliran Sungai (Das) Kupang Menggunakan Metode *Modified Universal Soil Loss Equation* (Musle)

Aditya Manung Pratama¹, Aldian Seputra Sudioanto.²,
Daniel Hartanto³, Budi Santosa⁴,
email: ¹17b10027@student.unika.ac.id, ³Daniel@unika.ac.id

^{1,2}Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur Semarang 50234

^{3,4}Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur Semarang 50234

Abstrak

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui laju erosi yang terjadi pada DAS Kupang, Jawa Tengah. Proses erosi yang terjadi perlu dilakukan analisis menggunakan rumus MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) dengan aplikasi ArcGIS. Metode penelitian ini digunakan untuk mengetahui tingkat bahaya erosi pada area DAS Kupang yang dapat ditampilkan dalam bentuk peta. Hasil penelitian yang diperoleh berupa total laju erosi DAS Kupang sebesar 63.720,681 ton/ha/th kriteria sangat berat dengan luasan DAS sebesar 181,109 km². Erosi terbesar terjadi pada Kecamatan Talun dengan 28.784,349 ton/ha/th dengan luas kecamatan sebesar 44,821 km². Adapun skala prioritas untuk penanganan bahaya erosi yakni pada Kecamatan Pekalongan Barat, Kota Pekalongan dengan total skor 36,339, Kecamatan Talun, Kabupaten Pekalongan dengan total skor 32,578, dan Kecamatan Petungkriyono, Kabupaten Pekalongan dengan total skor 25,857.

Kata kunci : DAS Kupang, Tingkat Bahaya Erosi, ArcGIS, Laju Erosi.

Abstract

This research was conducted with the aim of knowing the rate of erosion that occurred in the Kupang Watershed, Central Java. The erosion process that occurs needs to be analyzed using the MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) formula with the ArcGIS application. This research method is used to determine the level of erosion hazard in the Kupang watershed area which can be displayed in the form of a map. The results obtained in the form of the total erosion rate of the Kupang watershed is 63,720,681 tons/ha/year. The criteria is very heavy with a watershed area of 181,109 km². The largest erosion occurred in Talun District with 28,784,349 tons/ha/year with a subdistrict area of 44,821 km². The priority scale for handling erosion hazards is in West Pekalongan District, Pekalongan City with a total score of 36,339, Talun District, Pekalongan Regency with a total score of 32,578, and Petungkriyono District, Pekalongan Regency with a total score of 25,857.

Keywords: Kupang Watershed, Erosion Hazard Level, ArcGIS, Erosion Rate.

1. PENDAHULUAN

Pada penelitian tugas akhir ini diambil studi kasus pada DAS Kupang. Luas wilayah DAS Kupang adalah 18.022,193 ha yang berada di Provinsi Jawa Tengah

bagian utara yang melintasi 3 kabupaten dan 1 kota.

Pemilihan DAS Kupang sebagai objek penelitian adalah belum adanya informasi mengenai potensi erosi yang dapat terjadi pada DAS Kupang dalam

bentuk data ataupun peta. Hal yang kedua adalah kegunaan DAS Kupang sangat vital karena digunakan untuk mengairi lahan-lahan pertanian serta menjadi saluran drainase yang dapat mengalirkan air dari hulu menuju ke hilir

Pada penelitian ini digunakan metode *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE) untuk mengetahui besarnya laju erosi yang terjadi. Pemetaan erosi dilakukan menggunakan bantuan *software* berbasis *Geographic Information System* (GIS). Pada penelitian tugas akhir ini digunakan *software* ArcGIS versi 10.8 sebagai salah satu alat pendukung dalam pembuatan peta erosi di DAS Kupang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Erosi

Definisi dari erosi merupakan proses terlepasnya suatu butiran tanah dari induknya pada suatu daerah kemudian tanah tersebut akan terbawa air atau angin ke suatu tempat. Hasil dari terlepasnya butiran tersebut akan menyebabkan sedimentasi (Sutapa, 2010). Penyebab dari terjadinya erosi dapat diklasifikasikan menjadi beberapa faktor. Faktor penyebab erosi, terdiri dari dua jenis faktor pengubah yang dijabarkan sebagai berikut:

1. Faktor-faktor yang dapat diubah oleh manusia
 Dalam hal ini manusia turut berperan dalam perubahan kondisi lahan pada suatu kawasan. Beberapa faktor tersebut diantaranya adalah vegetasi yang tumbuh di atas tanah, sebagian sifat-sifat tanah yaitu kesuburan tanah, ketahanan agregat, dan kapasitas infiltrasi dan unsur topografi yaitu lereng (Prasetyo, 2017).
2. Faktor-faktor yang tidak dapat diubah oleh manusia

Menurut Prasetyo (2017) terdapat beberapa faktor penyebab erosi yang tidak dapat diubah oleh manusia meliputi iklim, cuaca, tipe tanah, dan kecuraman lereng. Faktor-faktor tersebut terjadi secara alami tanpa adanya campur tangan manusia didalamnya.

Evaluasi dan klasifikasi tingkat bahaya erosi

Menurut Arsyad (2010) menyatakan bahwa evaluasi tingkatan bahaya erosi dapat dinyatakan dalam indeks bahaya erosi yang diperlihatkan pada rumus berikut.

$$\begin{aligned} \text{Indeks} &= \text{Erosi potensial} \\ \text{Bahaya} &= \frac{(\text{ton/ha/tahun})}{T} \\ \text{Erosi} &= \frac{(\text{ton/ha/tahun})}{T} \end{aligned}$$

.....(2.1)

Berdasarkan rumus di atas dapat diketahui bahwa:

T = besarnya erosi yang dapat ditoleransi
 Berdasarkan persamaan tersebut maka dapat dinyatakan klasifikasi tingkat bahaya erosi yang diperlihatkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi

Kelas	Tingkat Bahaya Erosi	Kriteria
	(ton/ha/tahun)	
I	< 15	Sangat ringan
II	15 - 60	Ringan
III	60 - 180	Sedang
IV	180 - 480	Berat
V	> 480	Sangat berat

(Sumber: Departemen Kehutanan, 1998)

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menentukan batas DAS secara mandiri wajib memperhatikan aturan dalam penentuan batas wilayah DAS yang meliputi:

1. Letak batas DAS berada di wilayah punggung bukit dan memotong alur kontur dengan tujuan agar air hujan dapat mengalir ke DAS yang ada.
2. Jika terdapat alur kontur pada peta yang kurang detail maka penentuan batas wilayah DAS dapat menggunakan as jalan.
3. Penentuan batas DAS tidak diperbolehkan untuk memotong alur sungai.

Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE)

Dalam menganalisis laju erosi yang terjadi pada DAS Kupang Jawa Tengah digunakan metode *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE). Persamaan MUSLE dijabarkan sebagai berikut.

$$SY = 11,8 (V_{Qx}Q_Q)^{0,56} \times K \times LS \times CP \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

- SY = *Sediment Yield* (ton)
- V_Q = Volume aliran (m³)
- Q_Q = Debit puncak (m³/s)
- K = Faktor erodibilitas tanah
- LS = Faktor kemiringan lereng
- CP = Faktor penggunaan dan pengolahan lahan

Adapun analisis dan tabel yang digunakan untuk melengkapi rumus MUSLE yang tersedia. Analisis tersebut yakni:

1. Volume aliran (V_Q)
Volume aliran yakni volume air yang mengalir di atas permukaan tanah pada suatu DAS. Adapun persamaan yang digunakan untuk mencari volume aliran yakni:
V_Q = D x A' x CP(2.3)

Keterangan :

- V_Q = Volume aliran (m³)
- D = Tinggi hujan tahunan (m/tahun)
- A' = Luas area *intersect* (m²)
- CP = Faktor penggunaan dan pengolahan lahan

Nilai CP diperlihatkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Penggunaan dan Pengolahan Lahan (CP)

Penggunaan lahan	Faktor CP
Belukar rawa	0,01
Rawa	0,01
Semak/belukar	0,3
Padang rumput	0,1
Pertanian lahan kering campur	0,19
Pertanian lahan kering (ladang)	0,28
Perkebunan	0,5
Pemukiman/bangunan	0,95
Hutan lahan kering sekunder	0,01
Hutan mangrove sekunder	0,01
Hutan tanaman	0,05
Sawah	0,01
Tubuh air	0,001
Tanah terbuka	0,95
Hutan rawa sekunder	0,01
Tambak	0,001

(Sumber: BPDAS Wampu Sei Ular, 2013)

2. Debit puncak (Q_Q)
Debit puncak adalah besarnya aliran air puncak yang mengalir pada permukaan tanah yang diakibatkan karena adanya hujan. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung jumlah debit puncak (Q_Q) pada permukaan tanah yakni:

$$Q_Q = \frac{0,278 \times A \times D}{0,67Tc} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

- Q_0 = Debit puncak (m^3/s)
- D = Intensitas hujan tahunan (m/tahun)
- A = Luas DAS total (m^2)
- T_c = Waktu konsentrasi (s)

Waktu konsentrasi (T_c) adalah waktu yang diperlukan air hujan untuk mencapai debit puncak sejak terjadinya hujan. Persamaan untuk menghitung waktu konsentrasi (T_c) yakni :

$$T_c = 0,01947L^{0,77} - S^{-0,385} \times 60 \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

- T_c = Waktu konsentrasi (s)
- L = Panjang sungai atau Panjang aliran utama (m)
- S = Kemiringan lereng

S adalah *slope* atau lereng yang dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini:

$$S = \frac{\Delta H}{L} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

- S = *Slope*
- ΔH = Perbedaan elevasi antara ujung DAS (m)
- L = Panjang sungai atau panjang aliran utama (m)

3. Faktor erodibilitas tanah (K)
Faktor erodibilitas tanah merupakan nilai erosi terhadap tanah. Untuk menentukan faktor erodibilitas tanah dapat digunakan peta jenis tanah yang telah tersedia.
4. Faktor penggunaan dan pengolahan lahan (CP)
Menentukan nilai koefisien pada parameter ini dapat diperlihatkan pada Tabel 2.2.
5. Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS)
kemiringan lereng (*slope*) pada suatu area maka dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

Kemiringan lereng =

$$\frac{\text{Beda tinggi}}{\text{Jarak sebenarnya}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

- Kemiringan lereng (%)
- Beda tinggi (m)
- Jarak sebenarnya (m)

Adapun opsi lain dalam menghitung panjang lereng suatu yakni dari peta kontur suatu wilayah dan kemiringan lereng yang didapat dari peta lerengan yang dibuat oleh pemerintah. Nilai faktor kemiringan lereng yang diperlihatkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Nilai Faktor Kemiringan Lereng

Kelas Lereng	Kemiringan	Klasifikasi
I	0-8%	datar
II	8-15%	landai
III	15-25%	agak curam
IV	25-40%	curam
V	>40%	sangat curam

(Sumber: Kironoto dan Yulistiyanto, 2000)

6. Total erosi
Rumus nilai total erosi dapat dijabarkan pada persamaan berikut:
Total erosi = $\frac{SY}{SDR} \dots\dots\dots(2.8)$
Keterangan:
Total erosi (ton/th)
 SY = *Sediment Yield* (ton)
 SDR = *Sediment Delivery Ratio* ($SDR = 0,1$)
7. Laju erosi
Nilai laju erosi digunakan untuk menentukan besarnya tingkat bahaya erosi yang terjadi pada DAS. Untuk mendapatkan nilai laju erosi dapat digunakan rumus pada persamaan berikut:

$$\text{Laju erosi} = \frac{\text{Total erosi}}{\text{Luas DAS total}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

Laju erosi (ton/ha/th)

Total erosi (ton/th)

Luas DAS total (ha)

Berdasarkan nilai laju erosi yang diperoleh dapat dilakukan analisis tingkat bahaya erosi berdasarkan Tabel 2.1. Kemudian untuk mempermudah proses analisis tingkat bahaya erosi terbesar maka dilakukan sistem *scoring*. Klasifikasi besaran skor bahaya erosi dijabarkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Klasifikasi Besaran Skor Tingkat Bahaya Erosi

No.	Klasifikasi tingkat bahaya erosi	Skor
1.	Sangat ringan	0
2.	Ringan	1
3.	Sedang	2
4.	Berat	3
5.	Sangat berat	4

Metode perhitungan skor bahaya erosi dijabarkan sebagai berikut:

$$\text{Skor bahaya erosi} = (\text{persentase luasan TBE} \times \text{skor TBE})/4 \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

Skor = Bobot tingkat bahaya erosi pada suatu daerah bahaya

Persentase = Persentase luasan tingkat bahaya erosi pada suatu daerah (%)

Skor TBE = Bobot skor yang dimiliki setiap tingkat bahaya erosi

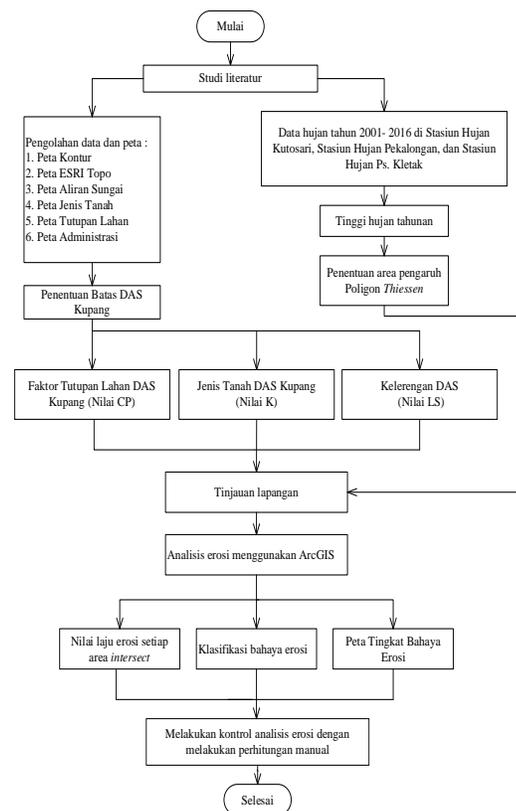
3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada metodologi penelitian akan dibahas mengenai tahapan-tahapan dan tata cara memasukkan data sekunder yang telah diperoleh ke dalam aplikasi GIS menggunakan metode MUSLE.

Berdasarkan data tersebut maka dapat diperoleh Peta Tingkat Bahaya Erosi DAS Kupang.

Diagram Alir Studi

Diagram alir pada bab ini bertujuan untuk memudahkan dalam proses penelitian mengenai erosi pada DAS Kupang. Diagram alir ini berisi mengenai urutan pengerjaan dalam pengolahan data sehingga dapat mempermudah dalam pengerjaan dan pemahaman. Diagram alir diperlihatkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1. Diagram Alir Studi

4. PEMBAHASAN

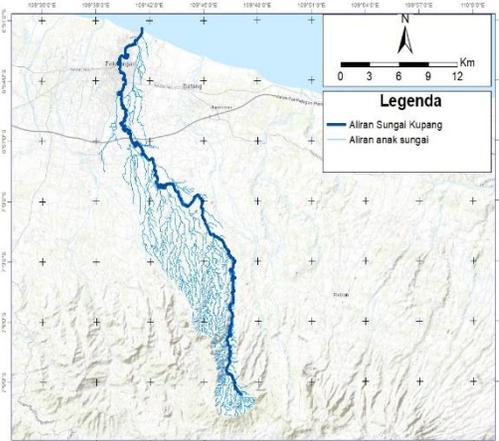
Pada bab ini akan dijabarkan mengenai analisis erosi menggunakan persamaan MUSLE.

Penentuan Batas DAS Kupang

Penentuan batas DAS bertujuan untuk mengetahui batasan area yang akan dilakukan penelitian. Adapun tahapan yang dilakukan untuk menentukan batas DAS yakni:

1. Peta kontur
2. Peta ESRI topografi
3. Peta aliran sungai

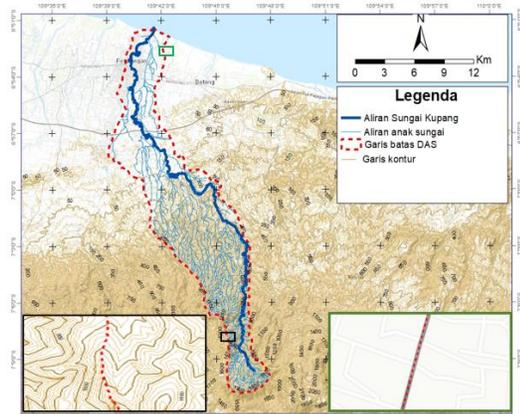
Metode analisis penentuan batas DAS dilakukan dengan cara *layering* peta dan pembuatan garis hingga berbentuk *polygon* tertutup. Acuan yang digunakan dalam penentuan batas DAS adalah berdasarkan aliran sungai utama pada DAS dan *outlet* sungai utama yang dapat diketahui berdasarkan peta ESRI topografi. Aliran sungai utama dan *outlet* sungai utama DAS Kupang berupa Sungai Kupang yang diperlihatkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Aliran Sungai DAS Kupang

Pada Gambar 4.1 pada bagian garis yang lebih tebal dibandingkan garis lain merupakan sungai utama. Pada DAS Kupang sungai utama bermuara menuju Laut Jawa. Sungai utama DAS Kupang yang diperlihatkan pada Gambar 4.1 merupakan Sungai Kupang yang memiliki panjang 55,29 km. Tahapan selanjutnya dilakukan proses penentuan garis *polygon*

untuk batas DAS Kupang. Batas DAS Kupang diperlihatkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Batas DAS Kupang

Berdasarkan Gambar 4.2 luasan area DAS Kupang berdasarkan hasil analisis adalah sebesar 180,109 km², dengan perbedaan elevasi antara ujung DAS adalah 1.999 m.

Analisis Peta DEM

File DEMNAS yang telah diunduh memiliki resolusi spasial 0,27 arcsecond (8,1 meter). Area peta DEM yang akan dianalisis disesuaikan dengan area lokasi batas DAS yang telah ditentukan.

Selanjutnya peta DEM dilakukan sinkronisasi sistem zonasi untuk kemudian dilakukan proses *projection* terhadap peta DEM agar dapat terbentuk sesuai dengan batas DAS.

Peta DEM memuat banyak informasi yang dapat digunakan sebagai sumber data, dalam proses analisis ini peta DEM berfungsi untuk memperoleh peta kelerengan dan peta aliran air.

Kondisi Umum DAS Kupang

Kondisi umum ini memiliki batasan wilayah yakni wilayah yang termasuk dalam area cakupan DAS Kupang dibatasi oleh garis batas DAS. Luasan pada setiap

kecamatan cakupan DAS Kupang diperlihatkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Cakupan Wilayah DAS Kupang

Provinsi	Kabupaten/ Kota	Kecamatan	Luas (km ²)	Persentase (%)	
Jawa Tengah	Kota Pekalongan	Pekalongan Utara	8,754	4,834	
		Pekalongan Selatan	7,558	4,173	
		Pekalongan Timur	8,323	4,596	
		Pekalongan Barat	3,076	1,699	
	Kabupaten Pekalongan	Buaran	3,901	2,154	
		Kedungwuni	6,507	3,593	
		Karangdadap	20,268	11,191	
		Talun	44,821	24,748	
		Doro	9,802	5,412	
		Petungkriyono	14,879	8,216	
	Kabupaten Batang	Warungasem	10,982	6,064	
		Wonotunggal	31,68	17,492	
		Bandar	7,828	4,322	
		Blado	2,685	1,483	
	Kabupaten	Wanayasa	0,044	0,024	
				181,109	100

Parameter Model

Adapun parameter model yang akan diolah untuk analisis erosi ini yakni: curah hujan yang bertujuan untuk mengetahui batas area pengaruh Poligon *Thiessen*, faktor panjang dan kemiringan, nilai erodibilitas tanah yang menghasilkan peta faktor erodibilitas tanah, faktor penggunaan dan pengelolaan. Parameter model dijabarkan sebagai berikut.

Curah hujan

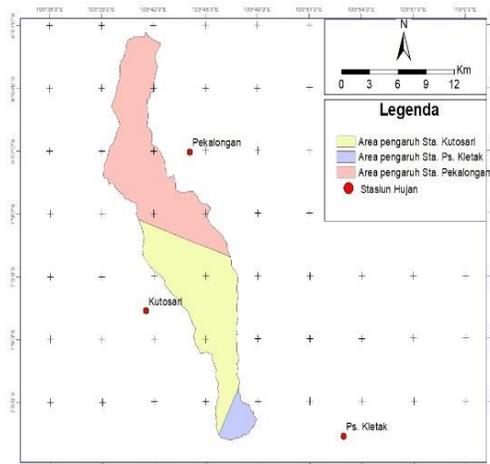
Tujuan dari pengolahan data hujan pada DAS Kupang yakni untuk mendapatkan hasil *output* berupa area pengaruh *Polygon Thiessen* di area DAS Kupang. Adapun empat stasiun hujan yang menjadi pengaruh pada area DAS Kupang yakni Stasiun Hujan Kutosari, Stasiun Hujan Pekalongan, Stasiun Hujan Pesantren Kletak, dan Stasiun hujan Wonotunggal. Data curah hujan yang digunakan yakni data curah hujan dari

tahun 2001 – 2016 atau minimal 10 tahun pada keempat stasiun hujan. Tinggi hujan tahunan pada setiap stasiun hujan diperlihatkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Tinggi Hujan Tahunan

TAHUN	Jumlah (mm/tahun)			
	Sta.Pekalongan	Sta.Kutosari	Sta.Wonotunggal	Sta.Pesantren Kletak
2001	2.149	3.262	2.559	2.121
2002	2.296	3.370	3.330	2.227
2003	2.458	2.610	2.967	3.095
2004	2.660	2.742	2.062	2.421
2005	1.983	2.574	1.904	2.003
2006	2.057	2.455	2.276	1.974
2007	2.323	4.012	2.774	2.431
2008	2.694	3.391	2.347	2.890
2009	1.984	2.730	2.478	2.184
2010	2.396	1.740	3.378	3.435
2011	8.089	3.070	3.231	1.788
2012	4.061	1.840	2.222	402
2013	10.170	4.371	3.341	2.275
2014	2.594	3.077	3.601	2.680
2015	1.764	2.788	2.363	2.388
2016	2.132	3.732	3.851	3.016
Rata - rata	3.238	2.985	2.793	2.333

Metode analisis dari Poligon *Thiessen*. Hasil analisis area pengaruh Poligon *Thiessen* stasiun hujan terhadap DAS Kupang diperlihatkan pada Gambar 4.3.

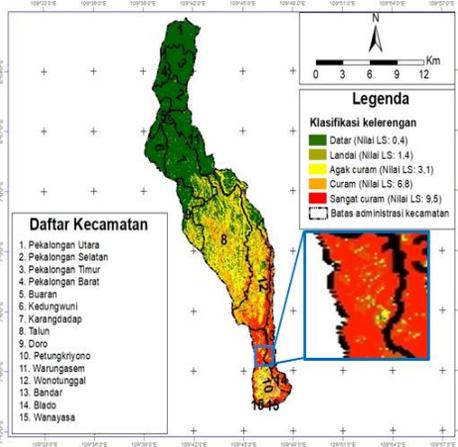


Gambar 4.3. Area Pengaruh Poligon Thiessen

Setelah dilakukan proses analisis area pengaruh Poligon *Thiessen* terhadap DAS Kupang didapatkan tiga stasiun hujan yang termasuk area pengaruh Poligon *Thiessen*. Ketiga area tersebut yaitu area pengaruh terhadap Stasiun Hujan Pekalongan Stasiun Hujan Ps. Kletak, dan Stasiun Hujan Kutosari

Faktor panjang dan kemiringan lereng (nilai LS)

Berdasarkan analisis *slope* dari peta DEM DAS Kupang maka menghasilkan peta kelerengan yang diperlihatkan pada Gambar 4.4.

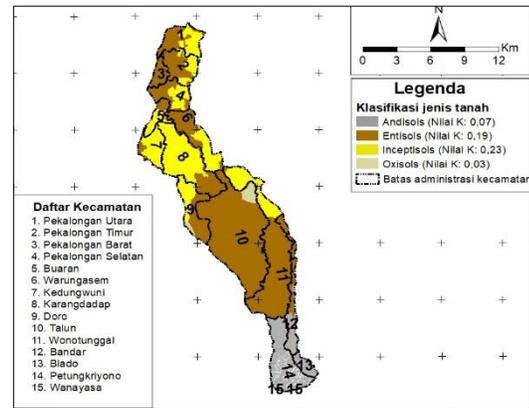


Gambar 4.4. Peta Kelerengan dan Nilai LS DAS Kupang

Faktor erodibilitas tanah (nilai K)

Berdasarkan peta jenis tanah yang telah diperoleh maka selanjutnya peta tersebut dilakukan proses *clip* berdasarkan batas DAS. Hasil dari proses *clip* peta jenis

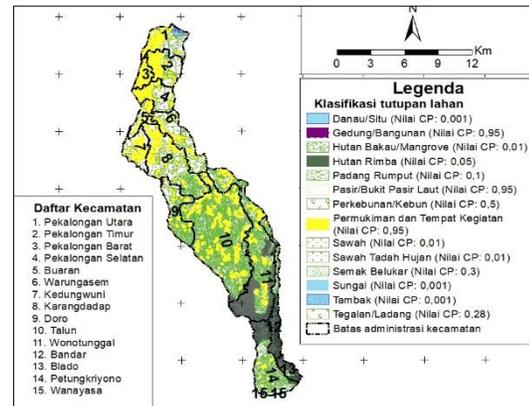
tanah DAS Kupang tersebut diperlihatkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Peta Jenis Tanah dan Nilai K

Faktor penggunaan dan pengolahan lahan (nilai CP)

Berdasarkan peta jenis tutupan lahan Provinsi Jawa Tengah yang telah diperoleh maka selanjutnya dilakukan proses *clip* peta tersebut sesuai dengan area DAS Kupang. Hasil dari proses analisis peta tutupan lahan DAS Kupang, diperlihatkan pada Gambar 4.6.

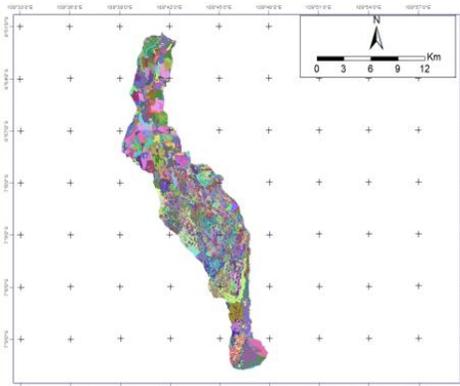


Gambar 4.6. Peta Tutupan Lahan DAS Kupang dan Nilai CP

Analisis Erosi

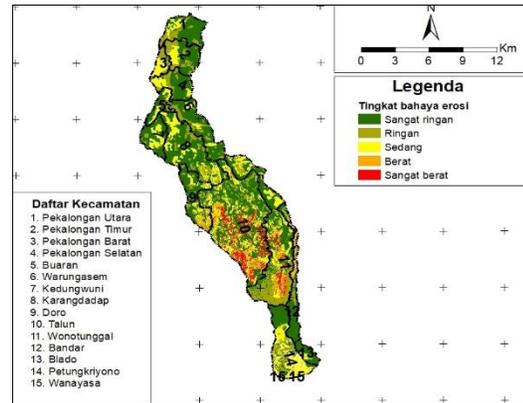
Metode perhitungan nilai laju erosi DAS Kupang dilakukan dengan cara menganalisis setiap area *intersect* pada peta yang telah disatukan dari masing-

masing peta parameter model. Peta *intersect* diperlihatkan pada Gambar 4.7.



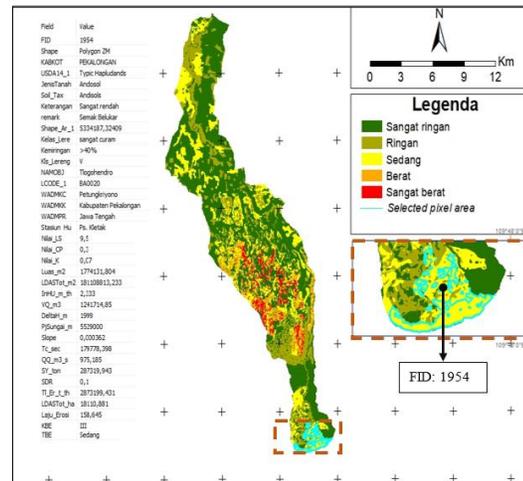
Gambar 4.7. Peta *Intersect* DAS Kupang

Analisis erosi DAS Kupang menggunakan ArcGIS. Dalam proses pengolahan data tersebut perlu untuk memasukkan variabel-variabel parameter yang terdapat dalam rumus MUSLE. Oleh sebab itu perlu dilakukan penambahan baris kolom untuk memasukkan variabel yang sebelumnya telah disebutkan menggunakan fitur *open attribute table* pada peta *intersect* DAS Kupang. Selanjutnya hasil dari perhitungan berdasarkan persamaan MUSLE akan diklasifikasikan berdasarkan tingkat bahaya erosi yang ditimbulkan mengacu pada Tabel 2.1. Pada Gambar 4.8 diperlihatkan Peta tingkat bahaya erosi pada DAS Kupang.



Gambar 4.8. Tingkat Bahaya Erosi DAS Kupang

Pada bagian hulu DAS yang akan dilakukan perhitungan analisis erosi pada bagian yang diperlihatkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Peta Tingkat Bahaya Erosi Bagian Hulu DAS

Berdasarkan Gambar 4.31 pada kotak bergaris putus – putus terdapat area di dalam poligon berwarna biru yang merupakan area *intersect* bagian hulu dengan nomor FID 1954 yang akan dilakukan analisis. Adapun data area *intersect* tersebut yaitu:

Lokasi	= Kecamatan Petungkriyono, Kabupaten Pekalongan, Jawa
Area pengaruh Poligon Thiessen	= Stasiun Hujan Ps. Kletak
Tinggi hujan tahunan (D)	= 2.333,000 mm/th (berdasarkan Tabel 4.4)
	= 2,333 m/th
Luas area <i>intersect</i> (A)	= 1.774.131,804 m ²
	= 177,413 Ha
Penggunaan lahan	= Semak/belukar, dengan Nilai CP = 0,30
Jenis tanah	= <i>Andisol</i> , dengan Nilai K = 0,07
Kemiringan lereng	= >40% (sangat curam), dengan Nilai LS = 9,5

Berdasarkan analisis ArcGIS hasil analisis erosi pada area *intersect* dengan FID 1954 memiliki laju erosi sebesar 158,645 ton/ha/th dengan klasifikasi tingkat bahaya erosi kelas III yang termasuk dalam kriteria sedang. Gambar 4.9 kriteria sangat ringan ditunjukkan oleh warna kuning.

Selanjutnya berdasarkan data yang telah diperoleh maka dapat dihitung laju erosi yang terjadi menggunakan perhitungan manual untuk proses verifikasi model.

a. Volume aliran (V_Q)

$$\begin{aligned}
 V_Q &= D \times A' \times CP \\
 &= 2,333 \text{ m/th} \times \\
 &\quad 1.774.131,804 \text{ m}^2 \times 0,30 \\
 &= 1.241.714,85 \text{ m}^3/\text{th}
 \end{aligned}$$

b. Debit puncak (Q_Q)

Perhitungan debit puncak dapat dihitung apabila parameter untuk

menghitung debit puncak diketahui. Oleh karena itu sebelum melakukan perhitungan debit puncak diperlukan perhitungan nilai *slope* dan waktu konsentrasi. Contoh perhitungan debit puncak diperlihatkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\Delta H}{L} \\
 &= \frac{1999 \text{ m}}{5529000 \text{ m}} \\
 &= 0,00036
 \end{aligned}$$

Perhitungan waktu konsentrasi berdasarkan Persamaan 2.12

$$\begin{aligned}
 T_c &= 0,01947L^{0,77} - S^{-0,385} \\
 &= 0,01947(0,00036)^{0,77} - \\
 &\quad (5529000)^{-0,385} \\
 &= 2.996,307 \text{ menit} \\
 &= 179.778,398 \text{ second}
 \end{aligned}$$

Perhitungan debit puncak:

$$\begin{aligned}
 Q_Q &= \frac{0,278 \times A \times D}{0,67T_c} \\
 &= \frac{0,278 \times 181.10.8813,2 \text{ m}^2 \times 2,333 \text{ m/th}}{0,67(179.778,397 \text{ s})} \\
 &= 975,185 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

c. *Sediment Yield* (SY)

Contoh perhitungan nilai *sediment yield* dijabarkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 SY &= 11,8 (V_Q \cdot Q_Q)^{0,56} \times K \\
 &\quad \times LS \times CP \\
 &= 11,8 (1.241.714,85 \times \\
 &\quad 975,185)^{0,56} \times 0,07 \times \\
 &\quad 9,5 \times 0,30 \\
 &= 287.319,943 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

d. Total erosi

Parameter-parameter untuk menghitung total erosi telah

$$\begin{aligned}
 \text{Total erosi} &= \frac{SY}{SDR} \\
 &= \frac{287.319,943}{0,1} \\
 &= 2.873.199,430 \text{ ton/th}
 \end{aligned}$$

diketahui maka contoh perhitungan total erosi akan dijabarkan sebagai berikut:

$$\text{Nilai SDR} = 0,1$$

e. Laju erosi

Contoh perhitungan laju erosi bagian hulu dijabarkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Laju erosi} &= \frac{\text{Total erosi}}{\text{Luas DAS Total}} \\ &= \frac{18.110,881}{2.873.199,430} \\ &= 158,645 \text{ ton/ha/th} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan total erosi yang telah dilakukan maka dapat diketahui klasifikasi tingkat bahaya erosi berdasarkan Tabel 2.1. Maka menurut hitungan laju erosi tersebut dapat diklasifikasikan tingkat bahaya erosi kelas III yang termasuk ke dalam kriteria sedang. Pada Gambar 4.9 peta tingkat bahaya erosi bagian hulu kriteria sangat ringan ditunjukkan oleh warna kuning. Oleh karena itu *output* pada ArcGIS sudah sesuai dengan hasil dari perhitungan manual.

Pembahasan hasil analisis erosi

Setelah proses analisis selesai dilakukan, tahapan selanjutnya adalah melakukan *scoring* terhadap tiap tingkat bahaya erosi. Sebelum melakukan proses *scoring* diperlukan besarnya luasan setiap tingkat bahaya erosi pada tiap kecamatan. Oleh karena itu pada Tabel 4.3 diperlihatkan luasan tingkat bahaya erosi yang dikelompokkan berdasarkan kecamatan cakupan DAS Kupang.

Tabel 4.3. Luasan Tingkat Bahaya Erosi Tiap Kecamatan Cakupan DAS Kupang

Kabupaten/ Kota	Kecamatan	Luas area tingkat bahaya erosi (km ²)					Total Luasan (km ²)
		Sangat ringan	Ringan	Sedang	Berat	Sangat berat	
Kota Pekalongan	Pekalongan Utara	5.516	2.179	1.058	0	0	8.754
	Pekalongan Selatan	4.378	1.677	1.503	0	0	7.558
	Pekalongan Timur	4.445	2.634	1.243	0	0	8.323
	Pekalongan Barat	0.183	1.316	1.578	0	0	3.076
Kabupaten Pekalongan	Buaran	2.396	0.599	0.907	0	0	3.901
	Kedungwuni	4.337	0.556	1.613	0	0	6.507
	Karangdadap	12.086	3.715	4.467	0	0	20.268
	Talun	19.97	6.352	8.219	5.506	4.775	44.821
	Doro	5.416	1.854	1.649	0.882	0	9.802
	Petungkriyono	5.303	3.763	5.813	0	0	14.879
Kabupaten Batang	Warungasem	7.564	2.396	1.022	0	0	10.982
	Wonotunggal	12.172	9.728	6.039	2.454	1.287	31.68
	Bandar	4.655	1.764	0.372	1.037	0	7.828
	Blado	2.255	0.032	0.399	0	0	2.685
Kabupaten Banjarnegara	Wanayasa	0,03	0,013	0	0	0	0,044
Luasan terbesar (km²)		19,97	9,728	8,219	5,506	4,775	44,821
Total luasan TBE (km²)		90,706	38,577	35,884	9,879	6,063	181,109
Persentase TBE (%)		50,084	21,3	19,813	5,455	3,347	100

Perhitungan Skor Bahaya Erosi (SBE) berdasarkan Persamaan 2.10. Berdasarkan perhitungan maka ada tiga kecamatan yang memiliki skala prioritas bahaya erosi tertinggi yakni 36,339, Kecamatan Talun yang memiliki skala prioritas 32,578, dan Kecamatan Petungkriyono yang memiliki skala prioritas 25,857.

Mitigasi erosi

Mitigasi erosi yang dilakukan diambil contoh pada skala prioritas tertinggi yakni pada Kecamatan Pekalongan Barat, Kota Pekalongan dengan total skor 36,339. Mitigasi erosi yang dapat dilakukan yaitu berupa melakukan penanaman tanaman yang dapat mengurangi proses terjadinya erosi. Tanaman yang digunakan dapat berupa rerumputan seperti Rumput Verifier atau sejenisnya yang selalu dilakukan perawatan Pemilihan solusi yang lain juga didasari atas tutupan lahan yang didominasi oleh area permukiman yaitu pembuatan tanggul-tanggul kecil maupun saluran air. Kedua hal tersebut dapat mengalirkan laju air dan memperbesar kemungkinan untuk air meresap ke dalam tanah sehingga aliran air tersebut tidak menggerus permukaan tanah. Namun selain adanya solusi

mitigasi untuk mengatasi erosi yang terjadi, perlu juga adanya pencegahan yang dilakukan oleh masyarakat dengan cara mengelola limbah hasil rumah tangga baik padat maupun cair. Pengolahan tersebut dapat berupa *reduce*, *reuse*, dan *recycle* untuk limbah non organik. Hal ini bertujuan agar limbah tidak langsung dibuang di area-area yang dapat mengganggu kesuburan tanah dan dapat memicu kerusakan tanah.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai erosi pada DAS Kupang, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Batasan wilayah penelitian dibatasi oleh batas DAS.
2. Cakupan wilayah DAS Kupang setelah penentuan batas DAS yakni terdiri dari Kabupaten Banjarnegara, Kabupaten Batang, Kabupaten Pekalongan, dan Kota Pekalongan. Pada tiga Kabupaten dan satu kota tersebut terdapat 15 kecamatan.
3. Hasil analisis laju erosi yang terjadi pada DAS Kupang menggunakan metode *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE):
 - a. Total laju erosi pada DAS Kupang adalah sebesar 63.720,681 ton/ha/th.
 - b. Kecamatan Talun, Kabupaten Pekalongan merupakan kecamatan dengan total nilai laju erosi terbesar yaitu 28.784,349 ton/ha/th yang mewakili persentase 45,173% dari total laju erosi DAS Kupang.
 - c. Kabupaten Pekalongan merupakan kabupaten dengan total nilai laju erosi terbesar yaitu 40.438,889 ton/ha/th yang mewakili persentase 63,463% dari total laju erosi DAS Kupang.

4. Tingkat potensi bahaya laju erosi yang terjadi pada DAS Kupang:
 - a. Berdasarkan peta tingkat bahaya erosi, tingkat bahaya erosi kriteria sangat berat didominasi dibagian tengah DAS yakni pada Kecamatan Talun yang terletak di Kabupaten Pekalongan.
 - b. Berdasarkan sistem *scoring* tersebut diperoleh tiga kecamatan dengan skala prioritas tertinggi yakni pada Kecamatan Pekalongan Barat dengan total skor 36,339, Kecamatan Talun dengan total skor 32,578, dan Kecamatan Petungkriyono dengan total skor 25,857.
5. Mitigasi erosi yang dapat ditempuh untuk mengurangi laju erosi yang terjadi pada DAS Kupang
 - a. Mitigasi erosi yang dilakukan pada Kecamatan Pekalongan Barat berupa penanaman tanaman yang dapat mencegah erosi, seperti Rumput Vertiver. Pilihan mitigasi erosi yang lain yakni berupa pembuatan tanggul untuk saluran yang sejajar garis kontur.
 - b. Mitigasi erosi pada Kecamatan Talun yakni berupa *bioengineering*, *vegetated rock gabion*, dan *live fascince*. Adapun mitigasi erosi yang telah dilakukan di Kecamatan Talun yakni berupa lahan terasering.
 - c. Mitigasi erosi yang dilakukan pada Kecamatan Petungkriyono berupa penanaman tanaman yang dapat mencegah erosi, seperti Rumput Vertiver, dan lahan terasering.

Saran

Saran yang dapat disampaikan berdasarkan kesimpulan dan selama penelitian berlangsung yakni:

1. Tindak lanjut mitigasi erosi pada kecamatan dengan skala prioritas

tertinggi dan tingkat bahaya erosi sangat berat dapat dilakukan penelitian lebih lanjut supaya mitigasi yang dilakukan lebih tepat sasaran.

2. Erosi yang dianalisis merupakan salah satu faktor yang menyebabkan Sungai Kupang utama menjadi dangkal. Oleh karena itu perlu dilakukan mitigasi pada Sungai Kupang agar tidak terjadi pendangkalan sungai. Mitigasi Sungai Kupang dapat dilakukan dengan pengerukan dasar sungai.

Berdasarkan tinjauan lapangan yang dilakukan kondisi di bagian hilir hingga hulu DAS memiliki akses yang cukup sulit karena akses jalan yang tersedia memiliki permukaan yang berbatu. Oleh karena itu disarankan untuk melakukan perbaikan pada jalan tersebut agar dalam proses mitigasi erosi dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. (2010): *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press.
- Ashari, A. (2013): Kajian Tingkat Erodibilitas Beberapa Jenis Tanah di Pegunungan Baturagung Desa Putat dan Nglanggeran Kecamatan Patuk Kabupaten Gunungkidul, *Jurnal Informasi*, 39, 23-24.
- Prasetyo, Y.E. (2017): *Pendugaan Erosi Lahan Berbasis Aplikasi WEPP (Water Erosion Prediction Project) di Kecamatan Pujon Kabupaten Malang*, Program Studi Pertanian dan Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang, 8-14.
- Ginting, W. N.S.B. (2017): Meteorologi dan klimatologi perhitungan curah hujan dengan menggunakan metode, Program Studi Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Medan, 4-5
- Hartanto, D. (2019): Permodelan Erosi Permukaan Tanah dengan Pendekatan MUSLE (*Modified Universal Soil Mass Equation*) (Studi Kasus di Lereng Sekitar Kampus Unika Soegijapranata – Jalan Pawiyatan Luhur – Semarang Selatan), 1-2.
- Huda, N., Sudarsono, B., dan Sasmito, B. (2014): *Analisis Debit Maksimum Untuk Pembuatan Peta Alokasi Penggunaan Air Permukaan (Studi Kasus: Das Kupang, Jawa Tengah)*, Program Studi Teknik Geodesi, Universitas Diponegoro, 4-5.
- Mamur, S.N. (2019): *Analisis Potensi Erosi Pada Penggunaan Lahan Di DAS Wampu Bagian Tengah*, Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Sumatera Utara, 52.
- Mengenal GIS diperoleh dari situs internet:
<http://www.labgis.si.fti.unand.ac.id/mengenal-gis/>. Diunduh pada tanggal 21 April 2021, pukul 18.24 WIB.