

**ANALISIS TINGKAT BAHAYA EROSI MENGGUNAKAN
METODE *RUSLE* DENGAN APLIKASI *ArcGIS* DI HULU
WADUK BATUJAI**

*An Analysis Of The Level Of Erosion Hazard By Using *RUSLE* Method And
ArcGIS Application At Batujai's Reservoir*

Artikel Ilmiah
Untuk Memenuhi Persyaratan
Mencapai Derajat S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh :
Niken Sari Yuliasuti
F1A 017 119

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2023**

ARTIKEL ILMIAH

ANALISIS TINGKAT BAHAYA EROSI MENGGUNAKAN METODE
RUSLE DENGAN APLIKASI *ArcGIS*
DI HULU WADUK BATUJAI

Oleh :

NIKEN SARI YULIASTUTI
F1A 017 119

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing:

1. Pembimbing Utama



Humairoh Saidah, S.T., M.T.
NIP. 19720609 199703 2 001

Tanggal : 13 Februari 2023

2. Pembimbing Pendamping



Agustono Setiawan, S.T., MSc.
NIP. 19700113 199702 1 001

Tanggal : 13 Februari 2023

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Hariyadi, ST., MSc(Eng)., Dr.Eng.
NIP. 19731027 199802 1 001

ARTIKEL ILMIAH

**ANALISIS TINGKAT BAHAYA EROSI MENGGUNAKAN
METODE *RUSLE* DENGAN APLIKASI *ArcGIS*
DI HULU WADUK BATUJAI**

Oleh:

**Niken Sari Yuliasuti
F1A 017 119**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 13 Februari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat Sarjana S-1
Teknik/Teknik Sipil

Susunan Tim Penguji

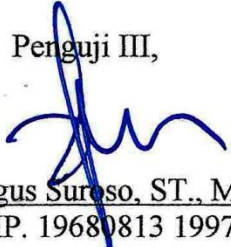
1. Penguji I,


Ir. Heri Sulistyono, M.Eng., Ph.D.
NIP. 19651113 199403 1 001

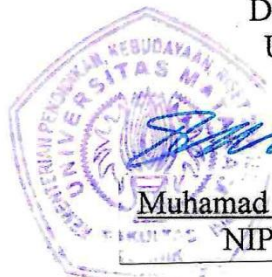
2. Penguji II,


M. Bagus Budianto, ST., MT.
NIP. 19701206 199803 1 006

3. Penguji III,


Agus Suroso, ST., MT.
NIP. 19680813 199703 1 002

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Muhamad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D
NIP. 197202221999031002

ANALISIS TINGKAT BAHAYA EROSI MENGGUNAKAN METODE *RUSLE* DENGAN APLIKASI *ArcGIS* DI HULU WADUK BATUJAI

Niken Sari Yuliasuti¹, Humairo Saidah², Agustono Setiawan³
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

²Dosen Pembimbing Utama

³Dosen Pembimbing Pendamping

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknis, Universitas Mataram

ABSTRAK

Erosi yang terjadi di Waduk Batujai akibat pendangkalan mengakibatkan keingintahuan tentang seberapa besar erosi yang terjadi pada daerah tangkapannya. Penelitian ini dilakukan di hulu waduk Batujai diantaranya ada DAS Surabaya dan DAS Tungkek bertujuan untuk mengetahui besarnya erosi yang terjadi. Metode pemetaan tingkat bahaya erosi ini menggunakan metode *RUSLE* (*Revised Universal Soil Loss Equation*), *RUSLE* memiliki lima faktor yang digunakan sebagai parameter. Erosivitas hujan dipetakan berdasarkan hasil pengelolaan data curah hujan, erodibilitas tanah dipetakan dari data jenis tanah, panjang dan kemiringan lereng SRTM V3, faktor pengelolaan tanaman yang diubah menjadi peta tutupan lahan, serta faktor tindakan konservasi menggunakan data DEMNAS dengan membaginya menjadi beberapa kelas lereng. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat bahaya erosi (TBE) di DAS Surabaya dan DAS Tungkek menghasilkan kelas TBE dari sangat ringan hingga sangat berat. Hasil erosi didominasi oleh kelas TBE I sangat ringan yang tersebar di seluruh kecamatan yang ada di kedua DAS, dengan luas 74,505% pada DAS Surabaya dan 75,026% pada DAS Tungkek. DAS Surabaya menghasilkan erosi sebesar 31006,144 ton/ha/tahun pada lahan seluas 91,099 ha (TBE V), 3828,456 ton/ha/tahun seluas 120,774 ha (TBE IV), 2242,294 ton/ha/tahun seluas 147,538 ha (TBE III), 881,344 ton/ha/tahun seluas 122,874 ha (TBE II), 305,130 ton/ha/tahun seluas 1409,398 (TBE I). Sementara DAS Tungkek menghasilkan erosi sebesar 22913,021 ton/ha/tahun pada lahan seluas 175,168 ha (TBE V), 2491,344 ton/ha/tahun seluas 135,951 ha (TBE IV), 1558,121 ton/ha/tahun seluas 144,215 ha (TBE III), 461,303 ton/ha/tahun seluas 92,830 ha atau (TBE II), 185,369 ton/ha/tahun seluas 1646,818 ha (TBE I).

Kata Kunci:Erosi, Pemetaan Tingkat Bahaya Erosi, Metode *RUSLE*.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit atau gunung, maupun batas buatan manusia, seperti jalan atau tanggul, dimana air hujan yang turun pada wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke *outlet* (Suripin 2001). Lahan adalah suatu lingkungan fisik yang meliputi tanah, iklim, relief, hidrologi, dan vegetasi, faktor-faktor tersebut saling mempengaruhi potensi penggunaannya, termasuk faktor akibat kegiatan manusia, baik pada masa lalu maupun sekarang (Hardjowigeno dkk., 2001). Perubahan penggunaan lahan menjadi faktor serius yang berkaitan dengan masalah erosi tanah. Perubahan tata guna lahan pada subDAS Garang Hulu yang semestinya menjadi kawasan lindung berubah menjadi kawasan budidaya tanaman semusim dan permukiman, menyebabkan terjadinya erosi tanah.

Erosi merupakan proses berpindahnya tanah atau batuan dari suatu tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah akibat dari dorongan air, angin, atau gaya gravitasi. Erosi ini sering disebut erosi geologi dan tidak sepenuhnya berbahaya karena lajunya seimbang dengan pembentukan tanah ditempat terjadinya erosi. Akan tetapi, ketika aktivitas manusia ikut dalam proses erosi maka akan mengakibatkan kerusakan sehingga kualitas tanah atau lahan akan berkurang seperti bahan organik, ketersediaan air serta menghambat perakarannya.

Tingkat bahaya erosi merupakan tingkat ancaman kerusakan yang diakibatkan oleh erosi pada suatu lahan. Erosi dapat berubah menjadi bencana apabila laju erosi lebih cepat dari pada laju pembentukan tanah sehingga berangsur-angsur akan menipis tanah. Laju erosi wajar atau laju erosi yang masih dapat dibiarkan atau di perkenankan karena dianggap penipisan tanah berbanding lurus dengan pembentukan tanah. Adapun kelas klasifikasi tingkat bahaya erosi yang bertujuan untuk mengetahui seberapa parah erosi yang terjadi pada suatu DAS.

Untuk mengidentifikasi tingkat bahaya erosi, salah satu model yang dapat digunakan yaitu dengan model RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*). RUSLE adalah model erosi yang dirancang untuk memprediksi kehilangan tanah tahunan rata-rata dalam kurun waktu yang lama terbawa oleh air limpasan dari kemiringan lereng lahan tertentu dalam sistem penanaman dan pengelolaan tertentu dan juga dari luas area. Metode RUSLE adalah model revisi atau penyempurnaan dari model sebelumnya yaitu USLE (Renard et al., 1997). RUSLE menggabungkan beberapa faktor penyebab erosi untuk memprediksi kehilangan tanah dari erosi lembar

dan alur yang disebabkan oleh aliran permukaan dan hujan, hasil prediksi erosi dapat membantu perencanaan teknik konservasi (Sinukaban, 1980). Mempertimbangkan beberapa faktor dalam kajian erosi seperti Besar laju erosi (A), faktor erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS), penggunaan lahan/ penutup lahan dan tindakan konservasi tanah (CP).

LANDASAN TEORI

Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran dan gerakan air di alam (Soemarto, 1986). Sedangkan menurut Asdak, (2010) "hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup. Ilmu hidrologi diterapkan pada beberapa kegiatan seperti perencanaan dan operasi bangunan air, penyediaan air untuk berbagai keperluan (air bersih, irigasi, perikanan, peternakan), pembangkit listrik tenaga air, pengendalian banjir, pengendalian erosi dan sedimentasi, transportasi air, drainasi, pengendalian polusi, air limbah, dan lain sebagainya".

Waduk

Sebuah waduk berfungsi sebagai penangkap air dan menyimpannya di musim hujan waktu air sungai mengalir dalam jumlah besar dan melebihi kebutuhan baik untuk keperluan irigasi, air minum, industri atau yang lainnya. Dengan memiliki daya tampungan yang besar, air sungai yang melebihi kebutuhan dapat disimpan dalam waduk dan baru dilepas mengalir ke dalam sungai lagi di hilirnya sesuai dengan kebutuhan saja pada waktu yang diperlukan

Aliran air sungai yang masuk ke dalam waduk melebihi air yang dialirkan ke luar waduk sesuai dengan kebutuhan, maka isi waduk makin lama makin penuh dan dapat melampaui batas daya tampung rencana. Permukaan air dalam waduk akan naik terus dan akhirnya melimpas. Untuk mencegah terjadinya limpasan air pada sebuah waduk perlu dilakukan lokalisir limpasan pada bangunan pelimpah yang lokasinya dipilih menurut kondisi topografi terbaik. Jadi fungsi utama sebuah waduk adalah untuk menstabilkan atau menciptakan pemerataan aliran air sungai baik dengan cara menampung persediaan air sungai yang berubah sepanjang tahun maupun dengan melepas air tampungan itu secara terprogram melalui saluran air yang dibuat khusus di dalam tubuh bendungan sesuai kebutuhan (Hadihardaja, 1997).

Erosi

Erosi didefinisikan sebagai suatu peristiwa hilang atau terkikisnya tanah atau bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain, baik disebabkan oleh pergerakan air, angin dan batu es (Sarief, 1985). Di daerah teropis seperti Indonesia, erosi terutama disebabkan oleh air hujan

Faktor Yang Mempengaruhi Erosi

Menurut Kemenhut (2013), tingkat bahaya erosi adalah perhitungan dengan cara membandingkan tingkat erosi di suatu lahan (*land unit*) dan kedalaman tanah efektif pada satuan lahan tersebut. Analisis tingkat bahaya erosi digunakan untuk mengetahui besarnya laju erosi pada suatu kawasan atau DAS. Perhitungan tingkat bahaya erosi dapat menggunakan beberapa model yang telah ada, contohnya seperti USLE. Faktor-faktor penyebab erosi akan mempengaruhi besarnya erosi yang terjadi.

Secara umum faktor yang mempengaruhi terjadinya erosi dapat diringkas dalam rumus sebagai berikut Arsyad, 1989:

$$E=f(I, R, V, T, M)(2.2)$$

Dimana:

- E = Erosi
- I = Iklim
- V = Vegetasi
- M = Manusia
- F = Fungsi
- R = Topografi
- T = Tanah

Tingkat Bahaya Erosi

Menurut Kemenhut (2013), tingkat bahaya erosi adalah perhitungan dengan cara membandingkan tingkat erosi di suatu lahan (*land unit*) dan kedalaman tanah efektif pada satuan lahan tersebut. Analisis tingkat bahaya erosi digunakan untuk mengetahui besarnya laju erosi pada suatu kawasan atau DAS. Perhitungan tingkat bahaya erosi dapat menggunakan beberapa model yang telah ada. Penelitian terhadap proses terjadinya erosi perlu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar potensi atau tingkat bahaya erosi yang terjadi pada suatu daerah atau kawasan bidang tanah, serta untuk mendeteksi besarnya indeks bahaya erosi yang telah terjadi.

Tabel 2.2 Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi

No .	Klasifikasi	Kehilangan Tanah (ton/Ha/Tahun)	Kriteria
1.	I	< 15	Sangat Ringan
2.	II	15 - 60	Ringan
3.	III	60 – 180	Sedang
4.	IV	180 – 480	Berat
5.	V	>480	Sangat Berat

(Sumber: Kementerian Kehutanan, 1998)

Parameter RUSLE

RUSLE adalah model erosi yang dirancang untuk memprediksi kehilangan tanah tahunan rata-rata dalam kurun waktu yang lama terbawa oleh air limpasan dari kemiringan lereng lahan tertentu dalam sistem penanaman dan pengelolaan tertentu dan juga dari luas area. Penggunaan yang tersebar luas telah membuktikan kegunaan dan validitas rusle untuk tujuan erosi. Ini juga berlaku untuk kondisi nonpertanian seperti situs konstruksi/bangunan (USDA 1997). RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*) adalah model erosi yang dirancang untuk memprediksi erosi tahunan rata-rata dalam kurun waktu yang panjang terbawa oleh air limpasan dari kemiringan lereng lahan tertentu dalam sistem penanaman dan pengelolaan tertentu dan juga dari luas area.

RUSLE merupakan revisi atau penyempurnaan dari metode sebelumnya yaitu USLE. Dari persamaan umum RUSLE, besarnya laju erosi berdasarkan metode RUSLE memenuhi persamaan. Menurut Renard et.al, (1997), dirumuskan sebagai berikut:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

dengan:

- A = Banyak tanah tererosi (ton/ha/tahun) (laju erosi)
- R = Erosivitas Hujan
- K = Erodibilitas Tanah
- LS = Faktor panjang dan kemiringan lereng
- P = Tindakan konservasi
- C = Faktor pengelolaan tanaman

Faktor Erosivitas Hujan (R)

Presipitasi adalah peristiwa klimatik yang bersifat alamiah yaitu perubahan bentuk dari uap air di atmosfer menjadi curah hujan sebagai akibat proses kondensasi. Presipitasi merupakan faktor utama yang mengatur proses siklus hidrologi di suatu DAS (Asdak, 2010). Faktor erosi hujan menggabungkan komponen energi dan intensitas hujan ke dalam satu angka. Faktor R menyatakan faktor fisik hujan yang dapat menyebabkan timbulnya proses erosi (disebut erosivitas hujan).

$$R = 2,21 (\text{Rain})_m^{1,36}$$

dengan :

$$R = \text{Indeks erosivitas hujan (MJ.cm/ha.jam)}$$

$$(\text{Rain})_m = \text{Curah hujan (cm)}$$

Erodibilitas Tanah

Faktor erodibilitas tanah adalah indeks kuantitatif kerentanan tanah terhadap erosi air. Indeks erodibilitas tanah ini ditentukan untuk tiap satuan lahan. Indeks ini memerlukan data ukuran partikel tanah, persen bahan organik, struktur tanah, dan permeabilitas tanah. Data tersebut didapat dari hasil analisis laboratorium contoh-contoh tanah yang diambil di lapangan, atau dari data dalam laporan survei tanah yang dilampirkan pada peta tanah. Selain data yang diperoleh dari hasil kegiatan lapangan, nilai erodibilitas juga dapat didapatkan dari nomograf yang telah tersedia (Peraturan Menteri Kehutanan, 2009).

Tabel 2.3 Jenis Tanah dan Nilai Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Jenis Tanah	Nilai (K)
Latosol Merah	0,12
Latosol Merah Kuning	0,26
Latosol Cokelat	0,23
Latosol	0,31
Grumusol	0,21
Aluvial	0,47
Regosol	0,16
Hydromorf abu-abu	0,20
Mediteran	0,21

(Sumber: Lembaga Ekologi, 1979)

Faktor Lereng (LS)

Berdasarkan aturan yang berlaku, yaitu Surat Keputusan Menteri Pertanian (SK.Mentan) No. 875/Kpts/Um/1980 dan SK.Mentan No. 683/Kpts/Um/1981 serta Keputusan Presiden No. 32 tahun 1990. Maka banyaknya nilai kemiringan lereng pada masing-masing petak-petak daerah aliran sungai maka perlu dilakukan klasifikasi kemiringan lereng. Evaluasi untuk penelitian dan interpretasi peta lereng didasarkan pada peta rupa bumi hasil dari foto udara. Peta DAS yang ditinjau kemudian dibuat petak-petak pembagian daerah lereng sungai untuk memudahkan perhitungan kisi-kisi dibuat seragam, agar lebih efektif diberi jarak 1 (satu) cm untuk peta skala besar maupun kecil. Peta dasar yang digunakan adalah peta topografi yang kontur dan tulisannya jelas. Untuk daerah yang luas dan tidak dilakukan pengukuran, maka peta topografi diambil dari peta skala 1: 25.000. Klasifikasi pembagian kelas lereng disajikan pada tabel dibawah ini, sebagai berikut.

Kebutuhan Benda Uji

Beton akan diuji tekan pada saat umur 7, 14 dan 28 hari. Dalam penelitian ini, mikrobakteri *Bioconc* akan ditambahkan pada campuran beton sebanyak 600 ml pada masing-masing benda uji dengan pengurangan semen. Pengurangan semen yang digunakan sebanyak 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%. Dan beton dengan pengurangan semen 0% tidak akan ditambahkan mikrobakteri *Bioconc*. Untuk pengujian kuat tekan, benda uji akan dibuat sebanyak 45 buah berbentuk silinder. Sementara untuk pengujian daya serap air, benda uji dibuat sebanyak 15 buah berbentuk kubus. Kebutuhan benda uji untuk setiap pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Kelas Lereng	Kemiringan Lereng	Keterangan	Nilai LS
1	0 – 8	Datar	0,40
2	8 – 15	Landai	1,40
3	15 – 25	Agak Curam	3,10
4	25 – 40	Curam	6,80
5	>40	Sangat Curam	9,50

Tabel 2.4 Pembagian Kelas Lereng (Sumber : Departemen Kehutanan, 2000).

Faktor Pengelolaan Tanaman (C)

Faktor C digunakan dalam *Universal Soil Loss Equation* (USLE) dan *Revised USLE* (RUSLE) untuk membandingkan pengaruh penanaman dan praktik pengelolaan terhadap laju erosi, dan merupakan faktor yang paling sering digunakan untuk membandingkan dampak relatif dari opsi-opsi pengelolaan tentang rencana konservasi. Faktor C menunjukkan bagaimana rencana konservasi akan mempengaruhi kehilangan tanah tahunan rata-rata dan bagaimana potensi kehilangan tanah akan didistribusikan dalam waktu selama kegiatan konstruksi, rotasi tanaman, atau skema pengelolaan lainnya (Renard et al., 1997). Mempertimbangkan sifat perlindungan tanaman terhadap erosivitas hujan. Sifat perlindungan tanaman harus dinilai sejak dari pengolahan tanah hingga panen, bahkan hingga penanaman berikutnya. Selain itu, penyebaran hujan selama satu tahun juga perlu memperoleh perhatian.

Tabel 2. 1 Faktor Penggunaan Lahan (C)

No	Macam Penggunaan Lahan (PL)	Nilai C
1.	Tanah terbuka, tanpa tanaman	1,000
2.	Hutan atau semak belukar	0,001
3.	Savanna dan prairie dalam kondisi baik	0,010
4.	Savanna dan prairie yang rusak untuk gembalaan	0,100
5.	Sawah	0,010
6.	Tegalan tidak dispesifikasi	0,700
7.	Ubi Kayu	0,800
8.	Jagung	0,700
9.	Kedelai	0,399
10.	Kentang	0,400
11.	Kacang Tanah	0,200
12.	Padi Gogo	0,561
13.	Tebu	0,200
14.	Pisang	0,600
15.	Akar Wangi (sereh wangi)	0,400
16.	Rumput Bede (tahun pertama)	0,287
17.	Rumput Bede (tahun kedua)	0,002
18.	Kopi dengan penutup tanah buruk	0,200
19.	Talas	0,850
20.	Kebun Campuran :	
	- Kerapatan Tinggi	0,100
	- Kerapatan Sedang	0,200
	- Kerapatan Rendah	0,500
21.	Perladangan	0,400
22.	Hutan Alam :	
	- Serasah Banyak	0,001
	- Serasah Sedikit	0,005
23.	Hutan Produksi :	
	-Tebang Habis	0,500
	-Tebang Pilih	0,200
24.	Semak belukar, padang rumput	0,300
25.	Ubi Kayu + Kedelai	0,181

(Sumber : Arsyad, 2010)

Faktor Konservasi Tanah (P)

Faktor konservasi tanah adalah perbandingan antara besarnya erosi pada tanah yang ditanami tanaman dengan besarnya erosi pada tanah tanpa tanaman. Faktor P adalah nisbah antara tanah tererosi rata-rata dari lahan yang mendapat perlakuan konservasi tertentu terhadap tanah tererosi rata-rata dari lahan yang diolah tanpa tindakan konservasi, dengan catatan faktor-faktor penyebab erosi yang lain diasumsikan tidak berubah.

Tabel 2.5 Nilai Faktor P Sesuai Tindakan Khusus Konservasi

No	Tindakan khusus konservasi Tanah	Nilai P
1.	Teras Bangku	
	- Konstruksi baik	0,04
	- Konstruksi sedang	0,15
	- Konstruksi kurang baik	0,35
	- Teras tradisional baik	0,40
2.	Strip tanaman rumput (padang rumput)	0,40
3.	Pengelolaan tanah dan penanaman menurut garis kontur	
	- Kemiringan 0 – 8 %	0,50
	- Kemiringan 9 – 20 %	0,75
	- Kemiringan > 20 %	0,90
4.	Tanpa tindakan konservasi	1,00

(Sumber: Arsyad, 2010)

ArcGIS

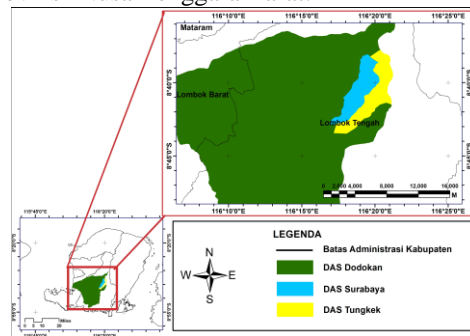
ArcGIS adalah salah satu software yang dikembangkan oleh ESRI (Environment Science & Research Institute) yang merupakan kompilasi fungsi-fungsi dari berbagai macam software GIS yang berbeda seperti GIS desktop, server, dan GIS berbasis web. Software ini mulai dirilis oleh ESRI Pada tahun 2000. Produk Utama Dari ARCGIS adalah ARCGIS desktop, dimana arcgis desktop merupakan software GIS professional

yang komprehensif dan dikelompokkan atas tiga komponen yaitu : ArcView (komponen yang focus ke penggunaan data yang komprehensif, pemetaan dan analisis), ArcEditor (lebih fokus ke arah editing data spasial) dan ArcInfo (lebih lengkap dalam menyajikan fungsi-fungsi GIS termasuk untuk keperluan analisis geoprocesing)

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di kawasan hulu Bendungan Batujai yang lebih tepatnya pada DAS Surabaya dan DAS Tungkek. Bendungan Batujai selesai dibangun pada tahun 1982 di aliran sungai Penujak yang memiliki daerah aliran sungai seluas 169 km² dan secara administrasi terletak di Desa Batujai, Kecamatan Praya Barat, Kabupaten Lombok Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Barat.



Pengumpulan Data

Salah satu aspek yang sangat penting dalam melakukan analisis adalah ketersediaan data. Secara umum, pengumpulan data dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan dari pos data hujan yang berada di Kabupaten Lombok Tengah, antara lain:

a. Pos Pengadang

Berada di DAS Dodokan, Kecamatan Praya Tengah, Kabupaten Lombok Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Pos Pengadang ini terletak pada lintang 8°40'46" LS dan 116°19'43" BT. Terdapat 15 tahun data curah hujan yang tersedia di pos Pengadang

b. Pos Batujai

Berada di DAS Dodokan, Kecamatan Praya Barat, Kabupaten Lombok Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Pos Pengadang ini terletak pada lintang 8°43'54" LS dan 116°15'20" BT. Terdapat 12 tahun data curah hujan yang tersedia di pos Batujai.

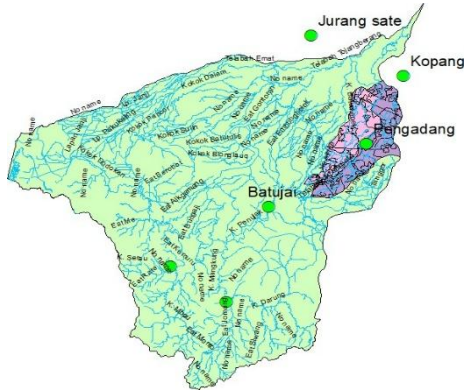
c. Pos Kopang

Berada di DAS Renggung, Kecamatan Praya Tengah, Kabupaten Lombok Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Pos Pengadang ini terletak pada lintang 8°19'18" LS dan 116°17'24" BT. Terdapat 9 tahun

data curah hujan yang tersedia di pos Kopang.

d. Pos Jurang Sate

Berada di DAS Babak, Desa Jurang Sate, Kecamatan Pringgarata, Kabupaten Lombok Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Pos Pengadang ini terletak pada lintang 8°35'27" LS dan 116°16'30" BT. Terdapat 11 tahun data curah hujan yang tersedia di pos Jurang Sate



Analisis dan Penelitian

Dalam analisis tingkat bahaya erosi ini menggunakan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*), maka diperlukan empat jenis peta sebagai dasar perhitungan tingkat bahaya erosi. Terdapat beberapa tahap, yaitu sebagai berikut:

1. Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data curah hujan tahunan, dari hasil hitungan untuk mendapatkan sebaran indeks erosivitas hujan (R).
2. Indeks Erodibilitas Tanah (K) Untuk menentukan faktor erodibilitas tanah atau nilai faktor (K) didapat jenis tanah pada daerah penelitian kemudian dengan menggunakan tabel jenis tanah.
3. Panjang dan Kemiringan Lereng (LS). Nilai Panjang dan Kemiringan Lereng (LS) didapat dari hasil analisis topografi. Selanjutnya, dibuat peta LS dan untuk menghasilkan nilai LS menggunakan tabel kemiringan lereng.
4. Nilai Faktor Pengelolaan Tanaman dan Penilaian Faktor Konservasi Lahan (CP). Nilai CP menggunakan peta tata guna lahan. Selanjutnya pengklasifikasian nilai CP yaitu dengan cara memperoleh data attribute pada peta tata guna lahan dan dibuat peta CP. Penentuan nilai indeks CP ini terdapat dalam tabel nilai faktor P dan CP.
5. Besarnya laju erosi pada lahan yang terjadi dianalisis dengan menggunakan metode RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*).

6. Tingkat Bahaya Erosi (TBE) Pada erosi lahan yang terjadi di daerah penelitian kemudian di klasifikasikan sebaran daerah Tingkat Bahaya Erosi (TBE) yang telah dibagi menjadi 5 kelas pada tabel tingkat bahaya erosi
7. Pembuatan peta indeks dengan menggunakan *software* ArcGIS kemudian di overlay dengan menggabungkan hasil dari faktor erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS) dan faktor pengelolaan tanaman & konservasi lahan (CP).

HASIL DAN PEMBAHASAN

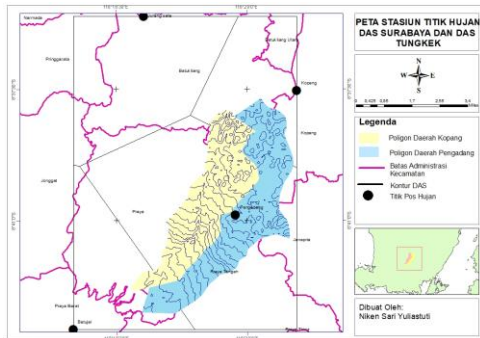
Perhitungan Erosi Lahan Metode RUSLE

RUSLE adalah model erosi yang dirancang untuk memprediksi kehilangan tanah tahunan rata-rata dalam kurun waktu yang lama terbawa oleh air limpasan dari kemiringan lereng lahan tertentu dalam sistem penanaman dan pengelolaan tertentu dan juga dari luas area (USDA, 1997). Dalam perhitungan metode RUSLE dibutuhkan beberapa data parameter pendukung seperti faktor erosivitas hujan, faktor erodibilitas tanah, faktor panjang dan kemiringan lereng, faktor pengelolaan tanaman, faktor pengelolaan dan konservasi tanah, seperti yang akan diuraikan berikut.

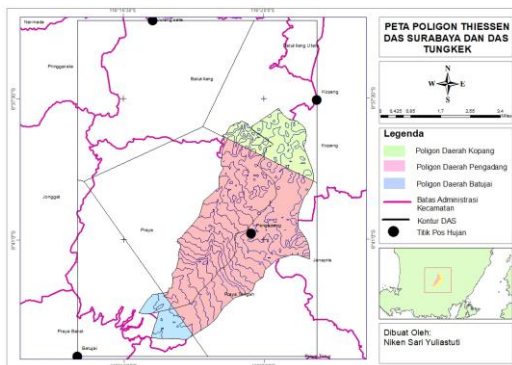
Faktor Erosivitas Hujan

Faktor erosi hujan menggabungkan komponen energi dan intensitas hujan ke dalam satu angka. Faktor R menyatakan faktor fisik hujan yang dapat menyebabkan timbulnya proses erosi (disebut erosivitas hujan). Data curah hujan DAS Dodokan digunakan sebagai salah satu parameter untuk menentukan besar laju erosi lahan yaitu sebagai faktor erosivitas hujan (R). Faktor erosivitas hujan dihitung berdasarkan nilai curah hujan bulanan pada DAS. Nilai curah hujan bulanan dihitung dalam rerata DAS menggunakan metode *Polygon Thiessen*.

- a. Analisis Hujan Rerata Kawasan
Pada penelitian di DAS Dodokan ini digunakan 4 Stasiun hujan yaitu, Stasiun Pengadang, Stasiun Kopang, dan Stasiun Batujai dan Stasiun Jurang Sate. Analisis hujan pada masing-masing kawasan menggunakan data selama 10 tahun yang dimulai dari tahun 2009 hingga tahun 2018. Untuk lebih jelasnya lokasi stasiun hujan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 1 Lokasi titik stasiun hujan untuk DAS Batujai
 Hasil peta *polygon thiessen* dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut.



Gambar 4. 2 Peta Polygon Thiessen

Berdasarkan peta *polygon thiessen* yang telah dibuat maka akan didapatkan nilai persen luas untuk tiap stasiun hujan yang ada. Nilai tersebut yang akan digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata bulanan DAS Batujai. Persentase luas wilayah tiap stasiun hujan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.1 Persentase luas wilayah masing-masing stasiun pada DAS Surabaya

No.	Stasiun Hujan	Luas Wilayah		
		Ha	Km ²	%
1.	Kopang	169	1,69	9
2.	Pengadang	1644	16,44	86
3.	Batujai	91,0	0,91	5

Tabel 4.2 Persentase luas wilayah masing-masing stasiun pada DAS Tungkek

No.	Stasiun Hujan	Luas Wilayah		
		Ha	Km ²	%
1.	Kopang	476	4,76	22
2.	Pengadang	1557	15,57	70
3.	Batujai	176	1,76	8

a. Pengujian data Hujan dengan Metode RAPS
 Pengujian RAPS ini digunakan untuk menguji ketidak panggahan antar data pada stasiun itu sendiri dengan mendeteksi pergeseran

nilai rata-rata (mean). Berikut disajikan contoh perhitungan RAPS.

Diketahui :

Data curah hujan stasiun Kopang pada tahun 2009 sebesar 41 mm Jumlah tahun 10 tahun Jumlah curah hujan pada stasiun Jurang Sate sebesar 946,3 mm.

Penyelesaian :

$$\bar{Y} = \frac{946,3}{10} = 94,63 \text{ mm}$$

$$Dy^2 = \frac{(41,0 - 94,63)^2}{10} = 287,7660 \text{ mm}^2$$

$$Sk^* = (94,63 - 41,0) + 0, \text{ Sk}^* \text{ sebelumnya} = 0 = -65,7000 \text{ mm}$$

$$Sk^{**} = \frac{-53,63}{599,6985} = -1,6129$$

Tabel 4.3 Perhitungan RAPS Stasiun Kopang

No.	Tahun	Yi	(Yi - \bar{Y}) ²	sk*	Dy ²	sk**	sk**
1	2009	505,000	1499536,309	-1224,556	99969,087	-3,009	3,009
2	2010	1684,000	2075,309	-1270,111	138,354	-3,121	3,121
3	2011	1755,000	647,420	-1244,667	43,161	-3,059	3,059
4	2012	1886,000	24474,864	-1088,222	1631,658	-2,674	2,674
5	2013	1776,000	2157,086	-1041,778	143,806	-2,560	2,560
6	2014	1374,000	126419,753	-1397,333	8427,984	-3,434	3,434
7	2015	2508,000	605975,753	-618,889	40398,384	-1,521	1,521
8	2016	2164,000	188741,975	-184,444	12582,798	-0,453	0,453
9	2017	1914,000	34019,753	0,000	2267,984	0,000	0,000
Jumlah		15566,000	2484048,222		165603,215		
Rata - rata		1729,5556	276005,3580		406,944		
				sk** maks.			0,0000
				sk** min.			-3,4337
				Q = sk** maks.			3,4337
				sk** min.			0,0000
				R = sk** maks. - sk** min.			3,4337
				Q'\n			0,8866
				R'\n			0,8866

Tabel 4.4 Perhitungan RAPS Stasiun Batujai

No.	Tahun	Yi	(Yi - \bar{Y}) ²	sk*	Dy ²	sk**	sk**
1	2008	464,000	386055,1111	-621,3333	25737,0074	-1,5099	1,5099
2	2009	852,000	54444,4444	-854,6667	3629,6296	-2,0769	2,0769
3	2010	189,000	803413,4444	-1751,0000	53560,8963	-4,2551	4,2551
4	2011	1064,000	455,1111	-1772,3333	30,3407	-4,3069	4,3069
5	2012	1494,000	167008,4444	-1363,6667	11133,8963	-3,3138	3,3138
6	2013	897,000	35469,4444	-1552,0000	2364,6296	-3,7715	3,7715
7	2014	1024,000	3761,7778	-1613,3333	250,7852	-3,9205	3,9205
8	2015	1726,000	410453,7778	-972,6667	27363,5852	-2,3637	2,3637
9	2016	1654,000	323381,7778	-404,0000	21558,7852	-0,9817	0,9817
10	2017	1405,000	102186,7778	-84,3333	6812,4519	-0,2049	0,2049
11	2018	774,000	96928,4444	-395,6667	6461,8963	-0,9615	0,9615
12	2019	1481,000	156552,1111	0,0000	10436,8074	0,0000	0,0000
Jumlah		13024,0000	2540110,6667		169340,7111		
Rata - rata		1085,3333	211675,8889		411,5103		
				sk** maks.			0,0000
				sk** min.			-4,3069
				Q = sk** maks.			4,3069
				sk** min.			0,0000
				R = sk** maks. - sk** min.			4,3069
				Q'\n			1,1120

Tabel 4.5 Perhitungan RAPS Stasiun Jurang Sate

No.	Tahun	Yi	(Yi - \bar{Y}) ²	sk*	Dy ²	sk**	sk**
1	1998	1481,000	73539,579	-271,182	4902,639	-0,396	0,396
2	1999	2801,000	1100019,579	777,636	7334,639	1,136	1,136
3	2000	1073,000	461287,942	98,455	30752,529	0,144	0,144
4	2001	1602,000	22554,579	-51,727	1503,639	-0,076	0,076
5	2002	2611,000	737568,669	807,091	49171,245	1,179	1,179
6	2003	1493,000	67175,215	547,909	4478,348	0,801	0,801
7	2004	1616,000	18545,488	411,727	1236,366	0,602	0,602
8	2005	2910,000	1340542,942	1569,545	89369,529	2,293	2,293
9	2006	2087,000	112103,215	1904,364	7473,548	2,782	2,782
10	2007	1600,000	23159,306	1752,182	1543,954	2,560	2,560
11	2008	0,000	3070141,124	0,000	204676,075	0,000	0,000
Jumlah		19274,000	7026637,636		468442,509		
Rata - rata		1752,1818	638785,2397		684,429		
				sk** maks.			2,7824
				sk** min.			4,6258
				Q = sk** maks.			4,6258
				sk** min.			0,0000
				R = sk** maks. - sk** min.			-1,8434
				Q'\n			-1,1944
				R'\n			-0,4760

Tabel 4.6 Perhitungan RAPS Stasiun Pengadang

No.	Tahun	Yi	(Yi-Y) ²	sk*	Dy ²	sk**	sk**
1	1998	1262,000	127068,484	-356,467	8471,232	-0,951	0,951
2	1999	1097,000	271927,484	-877,933	18128,499	-2,341	2,341
3	2000	1254,000	132835,951	-1242,400	8855,790	-3,313	3,313
4	2001	1253,000	133565,884	-1607,867	8904,392	-4,288	4,288
5	2002	1540,000	6157,018	-1686,333	410,468	-4,497	4,497
6	2003	1921,000	91526,418	-1383,800	6101,761	-3,690	3,690
7	2004	1482,000	18623,151	-1520,267	1241,543	-4,054	4,054
8	2005	1840,000	49077,018	-1298,733	3271,801	-3,463	3,463
9	2006	2334,000	511987,951	-583,200	34132,530	-1,555	1,555
10	2007	1619,000	0,284	-582,667	0,019	-1,554	1,554
11	2008	1370,000	61735,684	-831,133	4115,712	-2,216	2,216
12	2009	2171,000	305293,084	-278,600	20352,872	-0,743	0,743
13	2010	2158,000	291096,218	260,933	19406,415	0,696	0,696
14	2011	1295,000	104630,684	-62,533	6975,379	-0,167	0,167
15	2012	1681,000	3910,418	0,000	260,695	0,000	0,000
Jumlah		24277,000	2109435,733		140629,049		
				Dy =	375,005		
Rata - rata		1618,4667	140629,0489				
			sk** maks.				0,6958
			sk** min.				-4,4968
			Q = sk** maks.				4,4968

Tabel 4.7 Syarat Nilai Konsentrasi Q/n^{0,5} dan R/n^{0,5}

n	Q/n ^{0,5}			R/n ^{0,5}		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,1	1,22	1,42	1,34	1,43	1,6
30	1,12	1,24	1,46	1,4	1,5	1,7
40	1,13	1,26	1,5	1,42	1,53	1,74
50	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,5	1,62	1,86
8	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2

Contoh perhitungan konsistensi pada stasiun Kopang

$$Q/n^{0,5} = \frac{3,8388}{10^{0,5}} = 1,21$$

Q/n^{0,5} hitungan < Q/n^{0,5} syarat
1,21 < 1,29 (Konsisten)

$$R/n^{0,5} = \frac{2,2254}{10^{0,5}} = 0,7$$

R/n^{0,5} hitungan < R/n^{0,5} syarat
0,7 < 1,38 (Konsisten)

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4. 8 Perbandingan Nilai R dan Rcr untuk Masing – Masing Stasiun Hujan

No.	Stasiun	R	Rcr	Keterangan
1.	Pengadang	1,3407	1,38	Konsisten
2.	Kopang	0,8866	1,38	Konsisten
3.	Batujai	1,1120	1,38	Konsisten
4.	Jurang Sate	-0,4760	1,38	Konsisten

Tabel 4. 9 Perbandingan Nilai Q dan Qcr untuk Masing – Masing Stasiun Hujan

No.	Stasiun	Q	Qcr	Keterangan
1.	Pengadang	1,1611	1,29	Konsisten
2.	Kopang	0,8866	1,29	Konsisten
3.	Batujai	1,1120	1,29	Konsisten
4.	Jurang Sate	-1,1944	1,29	Konsisten

Erosivitas Hujan (R)

Tahap akhir pengolahan data curah hujan sebelum dipetakan yaitu perhitungan

faktor erosivitas hujan. Faktor erosi hujan menggabungkan komponen energi dan intensitas hujan ke dalam satu angka. Faktor R menyatakan faktor fisik hujan yang dapat menyebabkan timbulnya proses erosi (disebut erosivitas hujan). Erosivitas hujan tahunan yang dapat dihitung dari data curah hujan yang diperoleh dari pengukur hujan (Hardiyatmo, 2012:382). Nilai erosivitas hujan dihitung berdasarkan data curah hujan rata-rata selama kurun waktu 10 tahun dalam satuan *centimeter* (cm). Nilai rata-rata curah hujan selama 10 tahun tersebut dikalikan dengan rumus erosivitas hujan tahunan Lenvain. Hasil nilai erosivitas hujan dengan rumus Lenvain dalam satuan ton/ha/tahun.

Hujan rata-rata bulanan

$$= \frac{\sum(\% \text{luas wilayah tiap stasiun hujan} * \text{jumlah hujan tiap bulan})}{10}$$

$$\text{Hujan rata-rata bulanan} = (0,21 * 427,38 + 0,48 * 291,37 + 0,31 * 478)$$

$$= 235,12 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Erosivitas Hujan (R)} &= 2,21 * (\text{Rain})_m^{1,36} \\ &= 2,21 * 235,12^{1,36} \\ &= 365,01 \text{ cm/bulan} \end{aligned}$$

Perhitungan seperti diatas dilakukan pada semua bulan selama 10 tahun pada masing-masing DAS. Berikut rekapitulasi hasil perhitungan *erosivitas* hujan selama 10 tahun pada masing-masing DAS.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Nilai R pada DAS Surabaya

Bulan/Tahun	Rekapitulasi Nilai R (mm/tahun)									
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Januari	965,01	112,39	144,54	563,32	266,87	199,93	83,26	101,38	234,40	320,54
Februari	157,63	128,01	59,01	122,28	292,29	63,06	188,68	317,92	254,51	268,10
Maret	130,69	53,44	8,36	211,32	117,44	152,30	236,28	168,95	134,77	183,97
April	17,96	165,66	248,39	14,68	136,36	372,80	122,26	22,57	84,95	4,93
Mei	38,97	69,64	83,49	53,70	144,92	0,37	22,89	85,02	8,22	1,79
Juni	3,41	42,36	1,72	1,76	41,62	0,10	0,61	73,35	11,60	0,88
Juli	2,05	36,27	8,65	11,35	0,42	50,37	0,00	32,36	13,17	0,92
Agustus	0,09	6,26	0,00	0,20	0,08	2,24	0,10	7,37	10,33	2,76
September	12,55	82,16	7,11	15,80	0,78	0,09	0,90	156,87	10,28	4,79
Oktober	12,67	0,00	3,39	3,55	44,46	0,81	9,65	62,77	74,26	0,11
November	69,88	105,85	200,53	122,21	129,25	82,79	74,84	183,37	424,44	71,57
Desember	131,42	228,35	191,72	217,78	520,18	216,96	143,82	278,40	306,42	105,49
Jumlah	942,34	1030,41	956,92	1337,97	1694,67	1141,82	883,29	1490,33	1567,36	965,84
						12010,95				

Tabel 4.11 Rekapitulasi Nilai R pada DAS Tungkuk

No.	Elevasi	L (Km)
1.	101,193 – 140,308	2,704 m
2.	140,308 – 179,423	1,963 m
3.	179,423 - 218,539	1,389 m
4.	218,539 – 257,654	1,920 m
5.	257,654 – 296,769	2,140 m
6.	296,769 – 335,885	1,925 m
7.	335,885 – 375,000	1,211 m

Bulan/Tahun	
2009	
Januari	299,38
Februari	141,58
Maret	122,29
April	16,37
Mei	29,83
Juni	2,58
Juli	1,55
Agustus	0,08
September	9,69
Oktober	12,07
November	54,41
Desember	114,74
Jumlah	804,57

Berdasarkan perhitungan tersebut

ti yang tersaji pada tabel diatas dihitung rata – rata total *erosivitas* hujan bulanan dalam 10 tahun.

Jumlah nilai *erosivitas* hujan = 1210,95 mm/tahun

Rata – rata nilai *erosivitas* hujan = $\frac{12010,95}{10} = 1201,095$ cm/tahun

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut.

Tabel 4. 12 Rata – rata nilai *Erosivitas* Hujan DAS Batujai

NO.	DAS	Rata-rata nilai <i>erosivitas</i>
1	Surabaya	1201,095 cm/tahun
2	Tungkek	1154,002 cm/tahun

Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Pada prakteknya, variable S dan L dapat disatukan, karena erosi akan bertambah besar dengan bertambah besarnya kemiringan permukaan medan (lebih banyak percikan air yang membawa butir-butir tanah, limpasan seringkali dalam perkiraan erosi menggunakan persamaan). Erosi secara normal akan meningkat jika kecuraman kemiringan dan panjang kemiringan juga meningkat, ini sebagai hasil dari peningkatan kecepatan dan volume air aliran permukaan (*surface runoff*) (Morgan,2005:57). Rumus yang digunakan dalam menentukan panjang dan kemiringan lereng yaitu rumus yang diciptakan oleh Moore dan Wilson (1992).

$$LS = (A_s/22,13)^m \times (\sin\beta/0,0896)^n$$

Dengan

$$A_s = \text{Peta Aspect}$$

$$\sin\beta = \text{Kemiringan Lereng (Degree)}$$

$$m = 0,4$$

$$n = 1,3$$

Tabel 4.13 Panjang interval elevasi L DAS Surabaya

Tabel 4.14 Panjang interval elevasi L DAS Tungkek

No.	Elevasi	L (Km)
1.	103,777 – 142,401	2,498 m
2.	142,401 – 181,025	1,223 m
3.	181,025 – 219,649	0,963 m
4.	219,649 – 258,273	1,164 m
5.	258,273 – 296,897	1,942 m
6.	296,897 – 335,521	3,638 m
7.	335,521 – 374,145	2,031 m

Setelah didapatkan nilai panjang tiap interval elevasi maka nilai LS dapat dihitung dengan persamaan 2-5. Berikut contoh perhitungan nilai LS pada DAS Surabaya elevasi 101,193 – 140,308 m.

$$S = \frac{\text{Interval}}{L} = \frac{39}{2,704} = 1,446\%$$

Dengan nilai $S < 20\%$, maka persamaan yang digunakan yaitu persamaan 2-5:

$$LS = \frac{2704,8787^{0.5}}{100} \times (1,38 + 0,965 \times 1,446 + 0,138 \times 1,446^2) = 0,724989$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.15 Rekapitulasi nilai LS DAS Surabaya

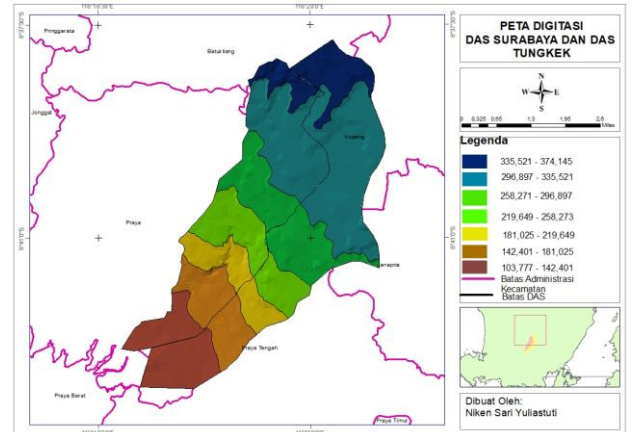
No.	Elevasi	Interval	L (M)	S (%)	LS
1.	101,193 – 140,308	39,115	2704,8787 m	,446	0,724989
2.	140,308 – 179,423	39,115	1963,5387 m	,992	0,620046

3.	179,423 - 218,539	39,115	1389,2534 m	,816	0,524531
4.	218,539 - 257,654	39,115	1920,9488 m	,036	0,613472
5.	257,654 - 296,769	39,115	2140,1296 m	,828	0,64659
6.	296,769 - 335,885	39,115	1925,7343 m	,301	0,614214
7.	335,885 - 375,000	39,115	1211,1880 m	,229	0,491165

berikut hasil digitasi peta seperti pada gambar 4.4 Berikut.

Tabel 4.16 Rekapitulasi nilai LS DAS Tungkek

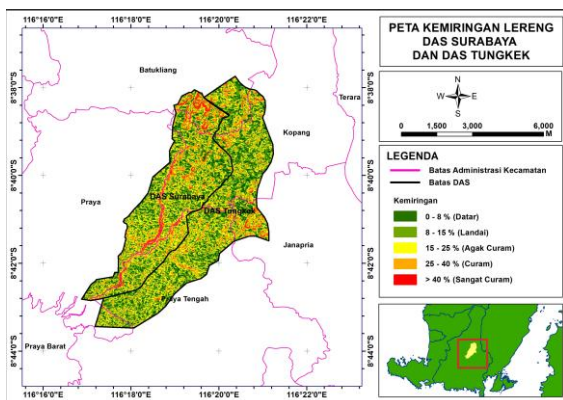
No.	Elevasi	Interval	L (M)	S (%)	LS
1.	103,777 - 142,401	38,624	2498,9740 m	1,546	0,841435
2.	142,401 - 181,025	38,624	1223,4342 m	3,157	0,635854
3.	181,025 - 219,649	38,624	0963,0629 m	4,011	0,440338
4.	219,649 - 258,273	38,624	1164,5033 m	3,317	0,481897
5.	258,273 - 296,897	38,624	1942,0380 m	1,989	0,616628
6.	296,897 - 335,521	38,624	3638,4987 m	1,062	0,838604
7.	335,521 - 374,145	38,624	2031,9164 m	1,901	0,630351



Gambar 4. 4 Peta Digitasi DAS Surabaya dan DAS Tungkek

Faktor Erodibilitas Tanah (K)

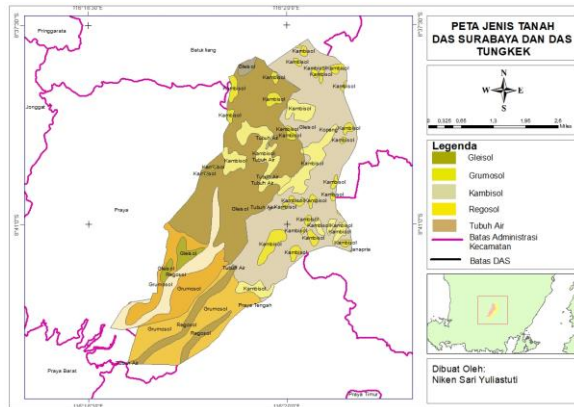
Berdasarkan peta jenis tanah Kabupaten Lombok Tengah provinsi Nusa Tenggara Barat yang didapat dari Dinas Pertanian dan Perkebunan Provinsi Nusa Tenggara Barat pada DAS Surabaya dan DAS Tungkek terdapat 5 jenis tanah seperti *Regosol*, *Grumosol*, *Kambisol*, *Gleisol* dan *Tubuh Air*. Untuk lebih jelasnya persebaran jenis tanah pada DAS Surabaya dan DAS Tungkek dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut. Pada data tersebut digunakan untuk menentukan nilai *erodibilitas* tanah (K). Besarnya faktor erodibilitas tanah tergantung pada jenis tanah yang berada di lokasi terkait. Besarnya nilai K dianalisis berdasarkan Tabel 2.1. Nilai K pada DAS Surabaya dan DAS Tungkek dihitung berdasarkan interval elevasi yang ada. Setelah jenis tanah tiap interval elevasi diketahui maka nilai K rata – rata untuk tiap interval elevasi dapat dihitung. Rekapitulasi nilai K DAS Surabaya dan DAS Tungkek dapat dilihat pada tabel berikut.



Gambar 4. 3 Peta Kemiringan Lereng DAS Surabaya dan DAS Tungkek

Digitasi Peta

Selain nilai faktor panjang dan kemiringan lereng (LS), faktor lain seperti faktor *erodibilitas* tanah (K), faktor penutupan dan pengelolaan lahan (CP) juga dihitung per interval elevasi. Untuk menghitung nilai faktor K dan faktor CP perlu diketahui luas wilayah tiap interval. Langkah untuk mendapat nilai luas per interval elevasi dijelaskan pada lampiran dan



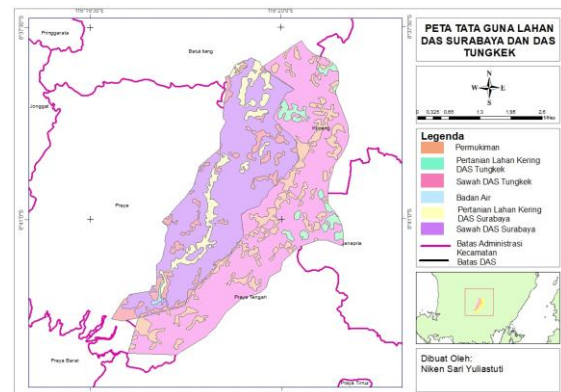
Gambar 4. 5 Peta Jenis Tanah DAS Surabaya dan DAS Tungkuk

5.	Perkebunan	627,258	29,252
----	------------	---------	--------

Dengan prosedur yang sama seperti pemeriksaan gradasi pada pasir, hasil pemeriksaan gradasi kerikil (batu pecah) menunjukkan modulus kehalusan butiran sebesar 6,52 dengan diameter butiran maksimum yang digunakan 20 mm. Dapat dilihat pada grafik gradasi kerikil rencana (**Gambar 4**), bahwa semua agregat kasar yang melewati lubang ayakan berada diantara batas atas dan batas bawah gradasi kerikil (batu pecah).

Faktor Tutupan Lahan (C) dan Faktor Pengelolaan Lahan (P)

Faktor C menunjukkan bagaimana rencana konservasi akan mempengaruhi kehilangan tanah tahunan rata-rata dan bagaimana potensi kehilangan tanah akan didistribusikan dalam waktu selama kegiatan konstruksi, rotasi tanaman, atau skema pengelolaan lainnya (Renard et al., 1997). Faktor C dalam penelitian ini menggunakan sumber data BWS NT-I.



Gambar 4. 6 Peta Tata Guna Lahan DAS Surabaya dan DAS Tungkuk

Berdasarkan peta tutupan lahan yang didapat dari BWS NT-I dan Perkebunan Provinsi Nusa Tenggara Barat, DAS Surabaya dan DAS Tungkuk didominasi oleh permukiman 31,447% yang tersebar di seluruh wilayah DAS. Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.19 berikut.

Tabel 4.19 Penggunaan lahan DAS Surabaya dan DAS Tungkuk

No	Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Persen Luas (%)
1.	Pemukiman	674,323	31,447
2.	Pertanian Lahan Kering Campuran	405,250	18,898
3.	Sawah	436,952	20,377
4.	Tubuh Air	0,513	0,023

Berdasarkan data penggunaan lahan yang diolah maka akan digunakan untuk menentukan nilai faktor tutupan lahan (C) dan faktor pengelolaan lahan (P). Besarnya nilai C dipengaruhi kerapatan dan pemeliharaan tanaman. Tingkat erosi yang terjadi sebagai akibat pengaruh besarnya P bervariasi, terutama tergantung pada kemiringan lereng. Rekapitulasi untuk nilai C dan P dapat dilihat pada tabel berikut.

Perhitungan Erosi Lahan

Perhitungan erosi lahan menggunakan metode RUSLE memerlukan 5 data berupa peta erosivitas hujan, panjang dan kemiringan lereng, jenis tanah, serta penutupan dan tindakan pengelolaan lahan. Perhitungan menggunakan raster calculator pada ArcGIS 10.3 (persamaan 2-3). Raster kalkulator mengalikan semua piksel R, K, LS, C, dan P. Hasil pengoperasian tersebut dimasukkan kedalam peta satuan medan dengan bantuan ArcGIS 10.3.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat bahaya erosi di DAS Surabaya dan DAS Tungkuk meliputi sangat ringan hingga sangat

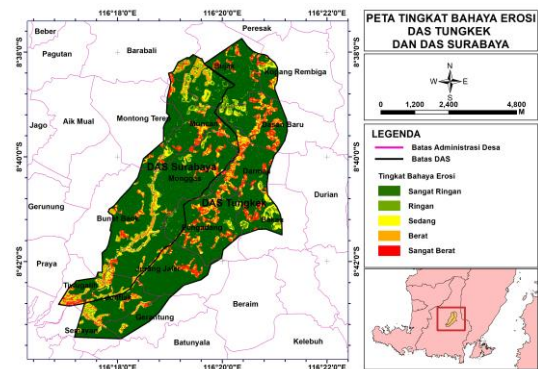
berat dan luas lahan berturut-turut pada DAS Surabaya dari yang sangat berat hingga sangat ringan 91,099 ha atau 4,816%, 120,774 ha atau 6,384%, 147,538 atau 7,799%, 122,814 ha atau 6,495% dan 1409,398 ha atau 74,505%. Pada DAS Surabaya yang memiliki kelas TBE V (sangat berat) terdapat didesa Bunut Baik, Muncan dan Monggan dengan hasil erosi 31006,144 ton/ha/tahun. Kelas TBE IV (berat) terdapat didesa Muncan, Monggas, Bunut Baik dan Tiwu Galih dengan hasil erosi 3828,456 ton/ha/tahun. Kelas TBE III (sedang) terdapat didesa Bunut Baik dan Tiwu Galih yang menghasilkan nilai erosi 2242,294 ton/ha/tahun. Kelas TBE II (ringan) tersebar di seluruh kecamatan yang ada didalam DAS dengan hasil erosi 881,344 ton/ha/tahun. Kelas TBE I (sangat ringan) tersebar diseluruh kecamatan yang ada didalam DAS dengan hasil erosi 305,130 ton/ha/tahun.

Pada DAS Tungkuk luas lahan berturut-turut dari sangat berat hingga sangat ringan 175,168 ha atau 7,890%, 135,951 ha atau 6,194%, 144,215 ha atau 6,570%, 92,830 ha atau 4,229% dan 1646,818 ha atau 75,026%. Pada Das Tungkuk kelas TBE V (sangat berat) terdapat didesa Bujak, Dasan Baru, Darmaji dan Jurang Jalar dengan hasil erosi 22913,021 ton/ha/tahun. Kelas TBE IV (berat) terdapat didesa Dasan Baru, Darmaji, Pengadang, Jurang Jalar yang menghasilkan nilai erosi 2492,344 ton/ha/tahun. Kelas TBE III (sedang) terdapat didesa Bujak, Kopang Rembige, Dasan Baru, Darmaji, Pengadang, Jurang Jalar, Jontlak dan Semayan yang dengan hasil erosi 1558,121 ton/ha/tahun. Kelas TBE II (ringan) tersebar di seluruh kecamatan yang ada didalam DAS dengan hasil erosi 46,303 ton/ha/tahun. Kelas TBE I (sangat ringan) tersebar diseluruh kecamatan yang ada didalam DAS dengan hasil erosi 185,369 ton/ha/tahun.

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode RUSLE didapatkan hasil laju erosi di DAS Surabaya 38580,7915 ton/ha/tahun dan pada DAS Tungkuk sebesar 27777,5057 ton/ha/tahun. Nilai besarnya laju erosi berbeda-beda pada setiap satuan medan dikarenakan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi curah hujan, tutupan lahan, jenis tanah, kemiringan lereng dan tindakan konservasi. Nilai erosi tertinggi terjadi pada Das Surabaya Sebesar 38580,7915 ton/ha/tahun dengan luas 1893,732 ha. Hasil perhitungan tingkat bahaya erosi dan kelas bahaya erosi dapat dilihat pada perhitungan selanjutnya.

$$\begin{aligned}
 A &= R \times K \times LS \times CP \\
 &= 1201,095 \times 0,32 \times 0,4 \times 0,5 \\
 &= 76,870 \text{ ton/ha/tahun}
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya di tabelkan.



Gambar 4.7 Peta Erosi Lahan DAS Surabaya dan DAS Tungkuk

Kelas Bahaya Erosi

Prediksi erosi dengan metode RUSLE dapat menjelaskan kondisi erosi yang mempertimbangkan faktor tanah, tanaman dan aliran permukaan, meskipun beberapa faktor lain mungkin harus dipertimbangkan (Kinell & Risse, 1998). Hasil perhitungan bahaya erosi dibedakan dalam 5 kelas bahaya erosi, yaitu kelas I (sangat ringan), kelas II (ringan), kelas III (sedang), kelas IV (berat) dan kelas V (sangat berat) dengan luasan yang berbeda-beda.

Lahan dengan bahaya erosi kelas I tergolong rendah, menyebar cukup luas pada berbagai kondisi lereng mulai 0% sampai dengan 40%. Penggunaan lahan berupa sawah, perkebunan, pertanian lahan kering dan permukiman. Rendahnya bahaya erosi selain karena kemiringan lereng rendah, juga karena teknik konservasi berupa teras telah diterapkan petani di lahan berlereng, serta penggunaan lahan dengan komoditas kontribusi erosi rendah.

$$\begin{aligned}
 \% &= \frac{\text{Luas (ha)}}{\text{Total Luas (ha)}} \times 100 \\
 &= \frac{1409,398}{1893,732} \times 100 \\
 &= 75,505\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Berdasarkan hasil analisa KBE diatas didapatkan hasil yang menunjukkan kelas dari masing-masing wilayah yang ada pada DAS Surabaya dan DAS Tungkuk. Pada DAS Surabaya KBE I (sangat ringan) dengan luas 1409,398 ha atau 74,505% yang tersebar di seluruh kecamatan dalam DAS. KBE II (ringan) dengan luasan sebesar 122,874 ha atau 6,495% yang tersebar di seluruh kecamatan dalam DAS. KBE III (sedang) dengan luas 147,538 atau 7,799% tersebar di wilayah desa Bunut Baik dan Tiwu Galih. KBE IV (berat) memiliki luasan

Tabel 4.26 Lanjutan Tabel Rekapitulasi Nilai Erosi Lahan DAS Surabaya

Table with columns: No, R, Nilai_K, LS, CP, A (Ton/ha/Tahun), KBE, TBE, Luas (Ha), Shape_Length, Shape_Area. It contains detailed erosion data for various land parcels in Surabaya, including erosion rates and land area calculations.

Tabel 4.27 Lanjutan Tabel Rekapitulasi Nilai Erosi Lahan DAS Surabaya

Table with columns: No, R, Nilai_K, LS, CP, A (Ton/ha/Tahun), KBE, TBE, Luas (Ha), Shape_Length, Shape_Area. This table continues the erosion data for Surabaya, showing parameters for different land parcels.

Tabel 4.28 Rekapitulasi Nilai Erosi Lahan DAS Tungkek

Table with columns: No, R, Nilai_K, LS, CP, A (Ton/ha/tahun), KBE, TBE, Luas (ha), Shape_Length, Shape_Area. This table provides a comprehensive overview of erosion data for the Tungkek watershed, listing various erosion-related metrics.

Tabel 4.29 Lanjutan Tabel Rekapitulasi Nilai Erosi Lahan DAS Tungkek

No	R	Nilai K	LS	CP	A (Ton/ha/tahun)	KBE	TBE	Luas (ha)	Shape Length	Shape Area
51	1154.002	0.29	3.1	0.05	51,8723899	2	Ringan	12,2029783	19287,8124	12,2029,783
52	1154.002	0.29	3.1	0.05	51,8723899	1	Sangat Ringan	31,49629377	48286,25777	31,4962,938
53	1154.002	0.29	6.8	0.5	1137,848972	5	Sangat Berat	8,528348979	11081,52309	85283,4898
54	1154.002	0.29	6.8	0.05	113,7848972	3	Sedang	12,35983497	13062,26073	123598,35
55	1154.002	0.29	6.8	0.005	11,37848972	1	Sangat Ringan	13,93029881	19142,72631	13930,988
56	1154.002	0.29	9.5	0.5	1589,637755	5	Sangat Berat	2,248653766	1747,701638	22486,5376
57	1154.002	0.29	9.5	0.05	158,9637755	3	Sedang	1,848476954	2888,283517	18484,7695
58	1154.002	0.29	9.5	0.005	15,89637755	2	Ringan	1,679759813	3277,110206	16797,5981
59	1154.002	0.346	0.4	0.5	79,8959384	3	Sedang	4,267098865	7543,652617	42670,9887
60	1154.002	0.346	0.4	0.005	7,98959384	1	Sangat Ringan	26,72679121	39324,98979	267267,912
61	1154.002	0.346	1.4	0.5	279,4992844	4	Berat	7,32442605	13670,52083	73244,2605
62	1154.002	0.346	1.4	0.005	27,94992844	1	Sangat Ringan	43,18941363	74457,37862	431894,136
63	1154.002	0.346	3.1	0.5	618,8912726	5	Sangat Berat	6,068936577	11053,52337	60689,3658
64	1154.002	0.346	3.1	0.005	61,88912726	1	Sangat Ringan	17,46325231	27453,80785	174632,523
65	1154.002	0.346	6.8	0.5	1357,567953	5	Sangat Berat	2,135185468	3915,21161	21351,8547
66	1154.002	0.346	6.8	0.005	135,7567953	1	Sangat Ringan	14,74460174	19593,16724	147446,017
67	1154.002	0.346	9.5	0.5	1896,802287	5	Sangat Berat	0,434658847	780,779844	4346,58847
68	1154.002	0.346	9.5	0.005	189,6802287	2	Ringan	0,954022229	1661,595796	95402,2229
69	1154.002	0.176	0.4	0.5	40,6208704	2	Ringan	18,43412639	27967,62677	184341,264
70	1154.002	0.176	0.4	0.005	4,06208704	1	Sangat Ringan	95,70279317	108916,7289	957027,932
71	1154.002	0.176	1.4	0.5	142,1730464	3	Sedang	28,38365374	46580,8686	283836,538
72	1154.002	0.176	1.4	0.005	14,21730464	1	Sangat Ringan	132,1914905	18932,8954	1321914,9
73	1154.002	0.176	3.1	0.5	314,8117456	4	Berat	20,88622786	34995,03542	208862,278
74	1154.002	0.176	3.1	0.005	31,48117456	1	Sangat Ringan	95,47426599	122178,1313	954742,659
75	1154.002	0.176	6.8	0.5	680,5547968	5	Sangat Berat	5,895767391	10571,57786	58957,6739
76	1154.002	0.176	6.8	0.005	68,05547968	1	Sangat Ringan	20,07174958	29322,65705	200717,495
77	1154.002	0.176	9.5	0.5	964,745672	5	Sangat Berat	3,309304302	654,1022433	3093,04302
78	1154.002	0.176	9.5	0.005	96,4745672	1	Sangat Ringan	0,735568255	1551,783407	7355,68255
79	1201.095	0.32	0.4	0.5	76,87008	3	Sedang	0,028713694	185,3186135	287,136941
80	1154.002	0.32	1.4	0.5	73,859128	3	Sedang	0,028713694	185,3186135	287,136941
81	1201.095	0.32	0.4	0.005	0,7687008	1	Sangat Ringan	0,013699212	138,7748905	136,992125
82	1154.002	0.32	0.4	0.005	0,73859128	1	Sangat Ringan	0,013699212	138,7748905	136,992125
83	1201.095	0.32	1.4	0.5	289,04528	4	Berat	0,074463498	341,6178459	744,634983
84	1154.002	0.32	1.4	0.5	28,904528	4	Berat	0,074463498	341,6178459	744,634983
85	1201.095	0.32	1.4	0.005	2,8904528	1	Sangat Ringan	0,059186053	457,4274282	591,865668
86	1154.002	0.32	1.4	0.005	2,8904528	1	Sangat Ringan	0,059186053	457,4274282	591,865668
87	1201.095	0.32	3.1	0.5	595,74312	5	Sangat Berat	0,072532785	405,4462396	725,327846
88	1154.002	0.32	3.1	0.5	59,574312	5	Sangat Berat	0,072532785	405,4462396	725,327846
89	1201.095	0.32	3.1	0.005	5,9574312	1	Sangat Ringan	0,119430839	580,0604865	1194,31156
90	1154.002	0.32	3.1	0.005	5,72384992	1	Sangat Ringan	0,119430839	580,0604865	1194,31156
91	1201.095	0.32	6.8	0.5	136,79138	5	Sangat Berat	0,035945881	189,191	359,45814
92	1154.002	0.32	6.8	0.5	126,554176	5	Sangat Berat	0,035945881	189,191	359,45814
93	1201.095	0.32	6.8	0.005	13,0679138	1	Sangat Ringan	0,043331708	347,3869889	433,317078
94	1154.002	0.32	6.8	0.005	12,5554176	1	Sangat Ringan	0,043331708	347,3869889	433,317078
95	1201.095	0.32	9.5	0.5	1825,6644	5	Sangat Berat	0,002841224	22,6264903	28,4122406
96	1154.002	0.32	9.5	0.5	175,408304	5	Sangat Berat	0,002841224	22,6264903	28,4122406
97	1201.095	0.32	9.5	0.005	18,256644	2	Ringan	0,001082524	16,37814157	10,825264
98	1154.002	0.32	9.5	0.005	17,5408304	2	Ringan	0,001082524	16,37814157	10,825264
99	1201.095	0.176	0.4	0.5	42,276544	2	Ringan	0,089713957	559,589044	897,133718
100	1154.002	0.176	0.4	0.5	40,6208704	2	Ringan	0,089713957	559,589044	897,133718
101	1201.095	0.176	0.4	0.005	0,42276544	1	Sangat Ringan	0,21227773	1016,228895	2122,77363
102	1154.002	0.176	0.4	0.005	0,406208704	1	Sangat Ringan	0,21227773	1016,228895	2122,77363
103	1201.095	0.176	1.4	0.5	147,914904	3	Sedang	0,10471334	531,977216	1047,1334
104	1154.002	0.176	1.4	0.5	142,1730464	3	Sedang	0,10471334	531,977216	1047,1334
105	1201.095	0.176	1.4	0.005	14,794904	1	Sangat Ringan	0,234367074	1141,748894	2343,66882
106	1154.002	0.176	1.4	0.005	14,21730464	1	Sangat Ringan	0,234367074	1141,748894	2343,66882
107	1201.095	0.176	3.1	0.5	327,255716	4	Berat	0,006750078	94,9388203	67,507674
108	1154.002	0.176	3.1	0.5	314,8117456	4	Berat	0,006750078	94,9388203	67,507674
109	1201.095	0.176	3.1	0.005	32,7658716	1	Sangat Ringan	0,140665283	523,763874	1406,04677
110	1154.002	0.176	3.1	0.005	3,148117456	1	Sangat Ringan	0,140665283	523,763874	1406,04677
111	1201.095	0.176	6.8	0.005	7,0702549	1	Sangat Ringan	0,003383389	38,43421432	33,8336994
112	1154.002	0.176	6.8	0.005	6,90547968	1	Sangat Ringan	0,003383389	38,43421432	33,8336994

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat dirumuskan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Hasil perhitungan nilai akibat erosi lahan didapat nilai total erosi pada DAS Surabaya yaitu sebesar 38580,791 ton/ha/tahun dengan luas 1893,732 ha dan hasil erosi pada DAS Tungkek sebesar 27777,505 ton/ha/tahun seluas 2194,982 ha.
- Tingkat bahaya erosi yang terjadi pada DAS Surabaya dan DAS Tungkek memiliki hasil sebaran erosi sebagai berikut :
 - DAS Surabaya menghasilkan kelas bahaya erosi dari sangat berat hingga sangat ringan (Kelas TBE V hingga TBE I), dengan perolehan hasil erosi masing-masing sebesar 31006,144 ton/ha/tahun, 3828,456 ton/ha/tahun, 2242,294 ton/ha/tahun, 881,344 ton/ha/tahun, 305,130 ton/ha/tahun.
 - DAS Tungkek menghasilkan erosi dari yang sangat berat hingga sangat ringan sebesar 22913,021 ton/ha/tahun, 2491,344 ton/ha/tahun, 1558,121 ton/ha/tahun, 461,303 ton/ha/tahun, 185,369 ton/ha/tahun.
- Hasil erosi didominasi oleh kelas TBE I (sangat ringan) yang lokasinya tersebar di seluruh kecamatan yang ada di kedua DAS,

dengan luas kelas TBE I 74,505% pada DAS Surabaya dan 75,026% pada DAS Tungkek.

Saran

Penelitian ini memberikan beberapa saran untuk tujuan perbaikan dan menambah kekayaan analisis pada penelitian selanjutnya, dengan beberapa saran berikut:

- Perlu dilakukan perbaikan kualitas data curah hujan, khususnya melengkapi data hujan yang hilang di beberapa stasiun.
- Perlu peneliti lanjutan untuk penanganan erosi yang tepat, utamanya pada daerah yang memiliki kelas bahaya erosi tinggi.
- Disarankan juga untuk melengkapi penelitian DAS yang ada di hulu waduk Batujai untuk lebih mengetahui besar potensi erosi total yang masuk ke waduk Batujai.

DAFTAR PUSTAKA

Asdak, C. (1995). *Hidrologi dan pengelolaan DAS*. Yogyakarta: Gadjah Mada University.

Kamiana, I. M. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu,.

Kehutanan, D. (1998). *Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Teknik Lapangan dan Konservasi Tanah Daerah Aliran Sungai*. Jakarta: Departemen Kehutanan.

Kehutanan, K. (2013). *Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial, Nomor: P. 4/v-set/2013 tentang Petunjuk Teknis Penyusunan data Spasial Lahan Kritis*. Jakarta: Kemenhut.

Marlena, B. 2012. *Kajian Pengelolaan Sub DAS Garang Hulu terhadap Kualitas Air Sungai*. Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Universitas Diponegoro.

Martha, W. dan Adidarma, W. (1983). *Mengenal Dasar-dasar Hidrologi*. Bandung: Nova. Moore, I. D., & Wilson, J. P. (1992). *Length-Slope Factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation*. Journal of soil and water conservation, 47(5), 423-428.

Nomor, P. M. K. P. 32/Menhut-II/2009. *Tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai*.

Nugraheni, A., Sobriyah, S., & Susilowati, S. (2013). *Perbandingan Hasil Prediksi*

- Laju Erosi dengan Metode Usle, Musle, Rusle di Das Keduang*. Matriks Teknik Sipil, 1(3).
- Nugroho, C. N. R., & Dibyosaputro, S. (2015). *Pemetaan Tingkat Bahaya Erosi Menggunakan Model Revised Universal Soil Loss Equation (Rusle) Di Daerah Aliran Sungai Petir Daerah Istimewa Yogyakarta*. Jurnal Bumi Indonesia, 4(1).
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E., & Montanarella, L. (2015). *Estimating The Soil Erosion Cover-Management Factor at the European Scale*. Land use policy, 48, 38-50.
- Permanasari, I. (2007). *Aplikasi SIG Untuk Penyusunan Basis Data Jaringan Jalan di Kota Magelang*. Semarang. Indonesia: Universitas Negeri Semarang.
- Renard, K. G. (1997). *Predicting Soil Erosion By Water: A Guide To Conservation Planning With The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. USA: USDA.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., & Porter, J. P. (1991). *RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation*. Journal of soil and Water Conservation, 46(1), 30-33.
- Setyawan, A., & Susilo, B. (2017). *Pemanfaatan Citra Landsat 8 OLI dan Sistem Informasi Geografi Untuk Estimasi Total Erosi Daerah Aliran Sungai Jragung*. Jurnal Bumi Indonesia, 6(2).
- Setyowati, D. L. (2014). *DAS Garang Hulu: Tata Air, Erosi, dan Konservasi*. Yogyakarta: Ombak.
- Simamora, F. B., Sasmito, B., & Haniah, H. (2015). *Kajian Metode Segmentasi Untuk Identifikasi Tutupan Lahan dan Luas Bidang Tanah Menggunakan Citra Pada Google Earth (Studi Kasus: Kecamatan Tembalang, Semarang)*. Jurnal Geodesi Undip, 4(4), 43-51.
- Sinukaban, N. (1981). *Pengolahan Tanah Konservasi Pada Pertanian Tanaman Padi dan Jagung*. Bogor: Balai Penelitian Tanaman Pangan.
- Subardja, D., Ritung, S., Anda, M., Sukarman, E. S., & Subandiono, R. E. (2014). *Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Sucipto. (2008). *Kajian Sedimentasi Di Sungai Kaligarang Dalam Upaya Pengelolaan*

Daerah Aliran Sungai Kaligarang Semarang. Semarang: Universitas Diponegoro.