

Analisis Besaran Sedimentasi dan Penanggulangannya di Hilir Tukad Unda Klungkung dengan Aplikasi Hec-GeoRAS

Anissa Maria Hidayati, Mawiti Infantri Yekti^{*}, Gede Fajar Eka Aditya Sujana
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar
^{*}wiwiet91@unud.ac.id

Received: 13 Agustus 2020 Revised: 12 Oktober 2021 Accepted: 18 November 2021

Abstract

The river is one part of the water resources infrastructure, in addition to drive the water, river is often transporting sediment. Sediment is the result of erosion and is part of problems in the river. Unda watershed having their regional coverage is quite wide, so that erosion that causes to the passage of it is estimated that sedimentation large enough. This research analyze the total weight of the sediment that is settles on the downstream Tukad Unda and compare the analysis of sedimentation between USLE method and sedimentation method in HEC-RAS by supporting ArcGIS and HEC-GeoRAS so that can describing the shape of look over profile of to scatter the sediment that was formed, as well as the efforts to overcome the problems. The data used in the form of watershed area, soil type, rain and river flow. Furthermore, the method used is Universal Soil Loss Equation (USLE), the application of HEC-GeoRAS and ArcGIS. The results showed the average erosion that occurred in the last 10 years amounted to 30.57 tons/ha/year, then the results of the HEC-GeoRAS analysis showed that the river bed profile changes experienced a significant silting of 2,365 m³ using the application and 2,654 m³ with USLE method. Countermeasures can be done by normalizing the riverbed with regular dredging at the stationing point UD 64-60 then at the stationing point UD 55-57 and at stationing UD 45-41 in accordance with the analysis results obtained through the HEC-GeoRAS application.

Keywords: ArcGIS, HEC-GeoRAS, sedimentation, tukad unda, USLE

Abstrak

Sungai merupakan salah satu bentuk infrastruktur sumber daya air, selain mengalirkan air, sungai juga kerap mengangkut sedimen. Sedimen merupakan hasil dari erosi dan ini menjadi salah satu permasalahan pada aliran sungai. DAS Unda memiliki cakupan wilayah cukup luas, sehingga erosi yang menyebabkan sedimentasi pada aliran Tukad Unda diperkirakan cukup besar. Penelitian ini menganalisis berat total sedimen yang mengendap pada bagian hilir Tukad Unda dan membandingkan analisis sedimentasi metode Universal Soil Loss Equation (USLE) dengan metode analisis sedimentasi dalam HEC-RAS dengan bantuan aplikasi ArcGIS dan HEC-GeoRAS untuk menggambarkan bentuk profil tampak atas dari sebaran sedimen yang terbentuk, serta upaya dalam menanggulangnya. Data yang digunakan adalah luas DAS, jenis tanah, hujan serta debit aliran sungai. Metode yang digunakan adalah metode USLE dan aplikasi HEC-GeoRAS dan ArcGIS. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata erosi yang terjadi dalam 10 tahun terakhir adalah sebesar 30,57 ton/ha/tahun, kemudian hasil dari analisis HEC-GeoRAS didapatkan perubahan profil aliran dasar sungai mengalami pendangkalan cukup signifikan yaitu sebesar 2.365 m³ dengan menggunakan aplikasi, dan 2.654 m³ dengan metode USLE. Upaya penanggulangan dapat dilakukan dengan menormalisasi dasar sungai dengan pengerukan secara berkala pada titik stationing UD 64-60, pada titik stationing UD 55-57 dan pada stationing UD 45-41 sesuai dengan hasil analisis yang didapat melalui aplikasi HEC-GeoRAS.

Kata kunci: ArcGIS, HEC-GeoRAS, sedimentasi, tukad unda, USLE

Pendahuluan

Salah satu bentuk infrastruktur sumber daya air ialah sungai, yaitu jalur lintasan air di atas

permukaan bumi. Sungai merupakan alur alami dan/atau buatan yang mengalirkan air, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi oleh garis sempadan. Sedangkan daerah aliran sungai (DAS)

merupakan suatu wilayah daratan yang memiliki satu kesatuan dengan sungainya, biasanya berfungsi untuk menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari hujan lalu diteruskan ke laut secara alami, yang menjadi pemisah topografis.

Air hujan yang turun akan mengalir ke sungai menuju ke tampungan air, seperti danau dan juga menuju ke laut. Terdapat beberapa bagian sungai yang awalnya dari mata air kemudian mengalir ke anak sungai. Beberapa anak sungai yang saling bertemu kemudian membentuk sungai utama. Aliran sungai biasanya berbatasan dengan sempadan dan bagian sungai yang bertemu laut disebut dengan muara sungai.

Di permukaan bumi terdapat jalur lintasan air yang disebut sungai. Selain membawa air sungai juga mengangkut sedimen. Sedimen merupakan hasil dari proses erosi parit, permukaan dan sebagainya. Sedimen biasanya terendap pada kaki bukit, daerah genangan banjir, saluran drainase, sungai dan waduk (Asdak, 2007).

Erosi merupakan suatu proses penghancuran tanah lalu tanah yang telah hancur tersebut dipindahkan ke tempat lain dengan adanya aliran air, hembusan angin, gletser, maupun gravitasi (Nichols, 2009). Tanah erosi akan terendap pada cekungan-cekungan atau daerah yang lebih rendah, pengendapan tersebut membentuk terjadinya sedimentasi. Daerah yang memiliki iklim tropis basah, aliran menjadi penyebab utama terjadinya erosi, sementara hembusan angin tidak banyak berpengaruh dalam proses terjadinya erosi. Proses yang berurutan dalam terjadinya erosi adalah pengelupasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*) dan pengendapan (*sedimentation*) (Soemarno, 2013).

Metode *universal soil loss equation* (USLE) adalah model erosi yang dirancang untuk memprediksi rata-rata erosi tanah dalam jangka waktu panjang dari suatu areal tanah yang digunakan untuk penggunaan lahan dan pengelolaan tertentu. Selain USLE terdapat juga metode lain yaitu RUSLE, rumus RUSLE masih mempertahankan struktur dasar persamaan USLE, dengan aliran permukaan dari suatu bentang lahan berlereng, tanaman, dan system pengelolaan tertentu.

Selanjutnya terdapat juga metode MUSLE yang juga merupakan metode yang dikembangkan dari metode yang sudah ada sebelumnya yaitu USLE, namun rumus MUSLE tidak menggunakan faktor energi hujan sebagai penyebab terjadinya erosi melainkan menggunakan faktor limpasan permukaan sebagai energi yang digunakan untuk penghancuran dan pengangkutan sedimen. Berbeda

dengan erosi, secara mekanisme lahar dingin merupakan aliran debris dengan tipe *mudflow*. Aliran debris merupakan bahaya sekunder dari gunung berapi yang mempunyai daya rusak yang cukup besar terhadap kehidupan manusia, prasarana yang terlanda serta kelestarian alam sekitar.

Bagian hulu dari Tukad (sungai) Unda terletak di lereng selatan Gunung Agung mempunyai potensi bahan galian C. Potensi ini sejak lama telah dimanfaatkan sebagai pemasok kebutuhan material untuk pembangunan prasarana fisik, maka kebutuhan akan bahan galian C meningkat seiring dengan waktu dan berkembangnya pembangunan permukiman dan sarana prasarana lainnya. Hal ini menyebabkan penambangan bahan galian C semakin marak dan tidak terkendali. Ditambah lagi dengan terjadinya erupsi pada akhir 2017 dimana material lahar dingin hasil letusan Gunung Agung mengalir langsung melalui aliran Tukad Unda maka, menyebabkan penumpukan kembali sedimen yang ada di bagian hilir Tukad Unda.

Pengelolaan Sumber Daya Air (SDA) adalah upaya dalam mencegah, menanggulangi serta memperbaiki kerusakan lingkungan yang diakibatkan daya rusak air (Dermawan & Sisinggih, 2017), dan program untuk memodelkan aliran sungai salah satunya adalah HEC-RAS. HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran sungai. *River analysis sistem* (RAS), yang dibuat oleh *Hidrologic Engineering Center* (HEC) yang merupakan satu divisi di *Institute for Water Resources* (IWR), di bawah *US Army Corps of Engineering Center* (USACE). HEC-RAS merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady one-dimensional flow model*) (Istiarto, 2014:2).

HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi (Istiarto, 2014). Pertama hitungan profil muka air aliran permanen. Langkah hitungan profil muka air yang dilakukan oleh modul aliran permanen HEC-RAS didasarkan pada penyelesaian persamaan energy (satu-dimensi). Kehilangan energi diakibatkan oleh gesekan (Persamaan Manning) dan dalam kontraksi/ekspansi (koefisien dikalikan beda tinggi kecepatan).

Komponen kedua, simulasi aliran tak permanen. Program ini mampu mensimulasikan aliran tak permanen satu dimensi pada sungai yang memiliki alur kompleks. Semula, modul aliran tak permanen HEC-RAS hanya dapat diaplikasikan pada aliran sub-kritik, namun sejak diluncurkannya versi 3.1, modul HEC-RAS dapat pula mensimulasikan regime aliran campuran (sub-kritik, super kritik, loncat air, dan *draw-downs*). Komponen ketiga adalah hitungan transpor sedimen (*Sediment*

Transport/Movable Boundary Computations). Program ini mampu mensimulasikan transport sedimen satu dimensi (simulasi perubahan dasar sungai) akibat gerusan atau deposisi dalam waktu yang cukup panjang (umumnya tahunan, namun dapat pula dilakukan simulasi perubahan dasar sungai akibat sejumlah banjir tunggal).

Komponen keempat adalah hitungan kualitas air. HEC-RAS dapat dipakai untuk melakukan analisis temperature air serta simulasi transport beberapa konstituen kualitas air, seperti *Algae, Dissolved Oxygen, Carbonaceous Biological Oxygen Demand, Dissolved Nitrite Nitrogen, Dissolved Nitrate Nitrogen, and Dissolved Organic Nitrogen*.

Simulasi transpor sedimen dengan aplikasi HEC-RAS dapat menggunakan berbagai persamaan yang dapat di sesuaikan dengan kondisi lapangan (Brunner & Gibson, 2005). Simulasi transpor sedimen dengan menggunakan program HEC-RAS pernah dilakukan di sungai Rilito, Tucson, Arizona oleh Duan, *et al.*, 2015 (Wardhana, 2015). Hasil simulasi yang menggunakan persamaan Ackers White dapat mendekati apa yang ada di lapangan. Selain itu Haghiabi & Zarehdasht (2012) yang melakukan simulasi di Sungai Karun, Iran dengan program HEC-RAS juga mendapat hasil yang mendekati di lapangan. Simulasi transpor sedimen menggunakan aplikasi HEC-RAS mampu digunakan untuk mengevaluasi tampang sungai akibat adanya proses transpor *sediment* dan mengevaluasi sedimen yang terjadi pada penampang aliran sungai (Wardhana, 2015).

Perangkat lunak yang dapat mendukung penggunaan HEC-RAS adalah HEC-GeoRAS. HEC-GeoRAS adalah sebuah perangkat lunak ekstensi dari ArcView GIS yang digunakan untuk mendukung perangkat lunak HEC-RAS. Fungsi dari HEC-GeoRAS ini adalah sebagai penyedia data *input* untuk kemudian diproses pada HEC-RAS yang kemudian menghasilkan nilai kecepatan dan profil air kemudian di-*import* ke ArcView GIS menjadi sebuah peta dengan tampilan komunikatif (Istiarto, 2012).

HEC-GeoRAS membutuhkan data geografi sungai yang akan dimodelkan. Data ini berupa *digital terrain model* (DTM/DEM) dalam format *triangulated irregular network* (TIN) atau GRID. Data DEM haruslah menampilkan suatu permukaan tanah yang mencakup alur sungai dan dasar sungai yang akan diolah. Data inilah yang akan digunakan untuk membuat data geometri sungai di HEC-RAS, yang berupa penampang lintang sungai. Agar tampilan lintang dan dasar sungai dapat ditampilkan

dengan baik, (*prototype*), maka data DEM haruslah memiliki resolusi yang tinggi.

Penelitian ini adalah untuk mengetahui berat total sedimen yang mengendap pada bagian hilir Tukad Unda dan membandingkan analisis sedimentasi metode erosi USLE dan metode analisis sedimentasi dalam HEC-RAS dengan bantuan aplikasi ArcGIS dan HEC-GeoRAS. ArcGIS dapat memberikan kontribusi penyajian peta informasi berupa luas dan kedalaman aliran sungai. Pemetaan aliran sungai dilakukan dengan integrasi model hidraulik menggunakan GIS. HEC-GeoRAS dengan *tools* yang sudah terdapat pada ArcGIS dapat menyajikan berbagai model khususnya memadukan antara model hidraulik yang diperoleh dari GIS. Selanjutnya untuk menganalisis profil muka air dan besaran sedimen yang terdapat di sungai menggunakan aplikasi HEC-RAS (Satria *et al.*, 2017).

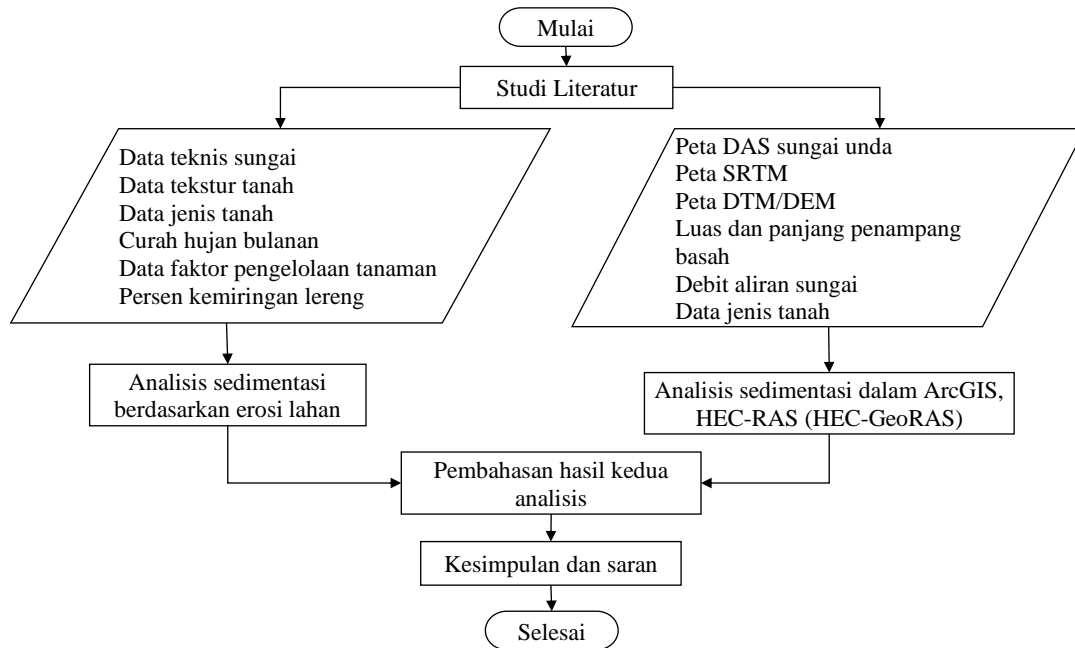
Metode

Lokasi studi

Lokasi penelitian ini terletak di Tukad Unda yang berada di Kabupaten Klungkung, gambaran umum Tukad Unda pada bagian hulunya berasal dari daerah yang kondisi topografinya terjal yang berada di desa Duda. Bagian hilir Tukad Unda berada di Desa Kusamba, Kabupaten Klungkung. Jenis sungai ini adalah perennial dengan luas daerah aliran sungai 230.915 km², dengan panjang sungai utama 22.559 km. Elevasi tertinggi daerah aliran sungai adalah +477 m dan elevasi terendah ± 0. Curah hujan tahunan rata-rata di wilayah studi adalah 84,53 mm, dengan debit rata-rata 4,94 m³/detik.

Data

Data yang digunakan untuk penelitian ini merupakan data primer juga data sekunder yang masing-masing didapat berupa: yang pertama data sekunder untuk penelitian ini yaitu data teknis Tukad Unda, luas DAS Tukad Unda, peta DEM daerah aliran sungai Tukad Unda. Selanjutnya, data primer yaitu data jenis tanah dan tekstur tanah di sekitar daerah genangan Sungai yang dianalisis dan diuji di Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana. Yang terakhir data sekunder berupa curah hujan rata-rata aliran rata-rata, debit aliran rata-rata Tukad Unda, Kabupaten Klungkung, Propinsi Bali dari Balai Wilayah Sungai Bali – Penida. Diagram alir penelitian diberikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pelaksanaan analisis saringan tanah untuk mengetahui berat jenis serta persentase pasir, lanau, dan lempung pada DAS Tukad Unda, menggunakan analisis saringan tanah, sedangkan yang lolos saringan no. 200 dapat dilakukan dengan cara pelaksanaan uji hydrometer. Uji hidrometer (Kusumaningrum, *et al.*, 2015) dilakukan agar dapat mengetahui jumlah tanah yang dapat melewati saringan no. 200 atau yang tertahan di pan. Dari uji ini dapat kita ketahui persen lanau dan persen lempung dari sampel tanah yang diambil.

Membuat LS dengan ArcGIS

Aplikasi berbasis sistem informasi geografis (*Geographic Information System/GIS*) adalah aplikasi berbasis komputer yang digunakan untuk mengolah data informasi geografis (Indraswari, *et al.*, 2018). Secara umum pengertian GIS adalah suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, sumberdaya manusia dan data yang bekerja bersama secara efektif untuk memasukan, menyimpan, memperbaiki, memperaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis.

Dalam proses pembuatan LS dengan ArcGIS maka diperlukan peta DEM dan SRTM dengan resolusi 30 meter. Untuk menentukan kelas kemiringan lahan kita dapat menggunakan pedoman penyusunan rehabilitas lahan dan konservasi tanah (Nicholas and Edmunson, 1975 dalam Lestari, 2008). Terdapat lima kelas kemiringan lahan sebagaimana disajikan dalam Tabel 1. Analisis sedimentasi diperkirakan dengan dua cara, yaitu

berdasarkan erosi lahan dan pemodelan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS dengan bantuan aplikasi ArcGIS dan HEC-GeoRAS.

Tabel 1. Kelas kemiringan lahan hidrometer atau dengan pipet

Kelas	Kemiringan (%)	Klasifikasi
I	0-8	Datar
II	8-15	Landai
III	15-25	Agak Curam
IV	25-45	Curam
V	>45	Sangat Curam

Sumber: Van Zuidam, 1985

Erosi lahan yang terjadi pada DAS Tukad Unda dengan metode USLE, perhitungan besaran total sedimen yang mengendap di bagian hilir Tukad Unda serta mengetahui bentuk profil dari sebaran endapan sedimen yang terdapat di hilir aliran Tukad Unda dan juga mengetahui upaya yang dapat dilakukan dalam mengurangi laju sedimentasi di hilir aliran Tukad Unda.

Prediksi erosi metode USLE

USLE merupakan metode atau model yang dibuat untuk dapat memprediksi erosi tanah yang terjadi dalam jangka waktu panjang dari suatu wilayah yang digunakan untuk penggunaan lahan dan pengelolaan tertentu (Komariah & Suyana, 2015). Metode prediksi merupakan alat untuk mengetahui sebuah program atau sebuah tindakan konservasi tanah telah mampu mengurangi erosi di daerah aliran sungai, dan juga dapat digunakan untuk alat bantu dalam mengambil keputusan dalam perencanaan konservasi tanah (Banuwa, 2013).

Terdapat tiga tipe-tipe model utama yang pertama model fisik lalu, analog, dan digital. USLE memiliki sebuah persamaan yang relevan dan masih banyak digunakan sampai saat ini (Persamaan 1).

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

dimana A merupakan jumlah tanah tererosi (ton/ha/tahun). R merupakan faktor curah hujan dan aliran permukaan yaitu jumlah satuan indeks erosi hujan, yang merupakan perkalian antara energi hujan total (E) dengan intensitas hujan maksimum 30 menit (I_{30}) tahunan. K merupakan faktor erodibilitas tanah, yaitu laju erosi per indeks erosi hujan (R) untuk suatu tanah yang didapat dari petak percobaan standar, yaitu petak percobaan yang panjangnya 72,6 kaki (22 meter) terletak pada lereng 9% tanpa tanaman. L merupakan panjang lereng yaitu nisbah antara besarnya erosi dari tanah dengan suatu panjang lereng tertentu terhadap erosi dari tanah dengan panjang lereng 72,6 kaki (22 meter) di bawah keadaan yang identik. S merupakan kecuraman lereng yaitu nisbah antara besarnya erosi yang terjadi dari suatu tanah dengan kecuraman lereng tertentu terhadap besarnya erosi dari tanah dengan lereng 9% di bawah keadaan yang identik. C merupakan faktor pengelolaan tanaman yaitu nisbah antara besarnya erosi dari suatu areal dengan vegetasi penutup dan pengelolaan tanaman tertentu terhadap besarnya erosi dari tanah yang identik tanpa tanaman. P merupakan faktor tindakan khusus dalam konservasi tanah yaitu nisbah antara besarnya erosi dari tanah yang diberi perlakuan tindakan konservasi khusus seperti pengolahan menurut kontur, penanaman dalam strip atau teras terhadap besarnya erosi dari tanah yang diolah searah lereng dalam keadaan yang identik.

Hasil dan Pembahasan

Uji tanah

Untuk mendapatkan hasil uji tanah yang baik sebagai salah satu *input* di dalam HEC-RAS (Andrian & Pranoto, 2020) terdapat beberapa titik pengambilan sampel tanah yang di lakukan. Terdapat 10 sampel yang diambil dari lima titik. Setiap satu titik diambil dua sampel mulai dari kedalaman 0-1 m dan 1-2 m. Lokasi pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 2, diadopsi dari Balai Wilayah Sungai Bali Penida.

Berat jenis tanah (Gs).

Berdasarkan analisis yang dilakukan didapat rentang antara 2,64 - 2,70 ton/m³ maka rata-rata berat jenis sebesar 2,66 ton/m³ (Tabel 2 dan Tabel 3). Dengan hasil yang didapat maka tanah tersebut dikategorikan sebagai tanah kerikil/pasir. Tanah ini termasuk dalam tanah berbutir kasar dan

merupakan tanah yang cocok digunakan untuk konstruksi bangunan dan badan jalan karena memiliki kapasitas daya dukung yang tinggi serta memiliki penurunan yang kecil jika tanah relatif padat.

Tabel 2. Berat jenis tanah di Aliran Tukad Unda

No.	Sampel Tanah	Gs (ton/m ³)	Gs (ton/m ³)
1	I	2,65	2,67
2	II	2,66	2,64
3	III	2,66	2,64
4	IV	2,70	2,69
5	V	2,68	2,66
Gs Total		2,66	

Sumber: Hasil uji bersama dengan Balai Wilayah Sungai Bali Penida, 2018

Tabel 3. Tipikal perkiraan nilai berat jenis (GS)

Jenis Tanah	Gs(ton/m ³)
Kerikil/Pasir	2,65 – 2,68
Lanau anorganik	2,62 – 2,68
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Lempung organik	2,58 – 2,65
Tanah humus	1,37
Tanah gambut	1,25 – 1,80

Sumber: Prima, & Pangestu, 2014



Sumber: Balai Wilayah Sungai Bali-Penida, 2018

Gambar 2. Lokasi pengambilan sampel tanah

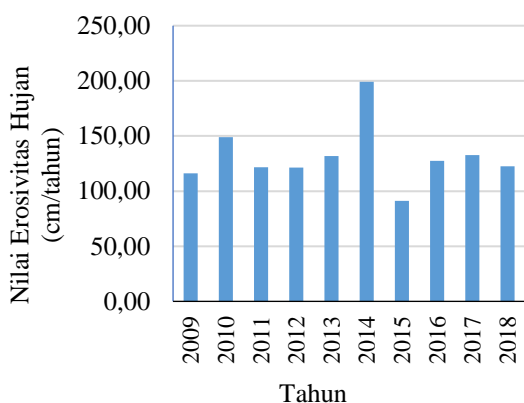
Persentase tekstur tanah

Dari hasil hasil uji hidrometer yang dilakukan didapatkan persentase tanah yang terkandung dan mengendap di aliran Tukad Unda adalah sebesar Ps = 96,98%, Pm = 2,91% dan Pc = 0,11 %.

Erosi lahan

Berdasarkan persamaan USLE faktor yang diperhitungkan disesuaikan dengan analisis kondisi pada DAS Tukad Unda.

Faktor erodibilitas tanah (K) merupakan indeks kepekaan tanah terhadap erosi dan erodibilitas tanah merupakan fungsi dari sifat-sifat fisik tanah seperti tekstur, permeabilitas, stabilitas agregat, dan kandungan bahan organik tanah serta pengolahannya. Makin tinggi nilai K, maka tanah makin peka terhadap erosi. Berdasarkan BBMKG wilayah III Denpasar nilai erosivitas hujan dapat dilihat dalam Gambar 3.

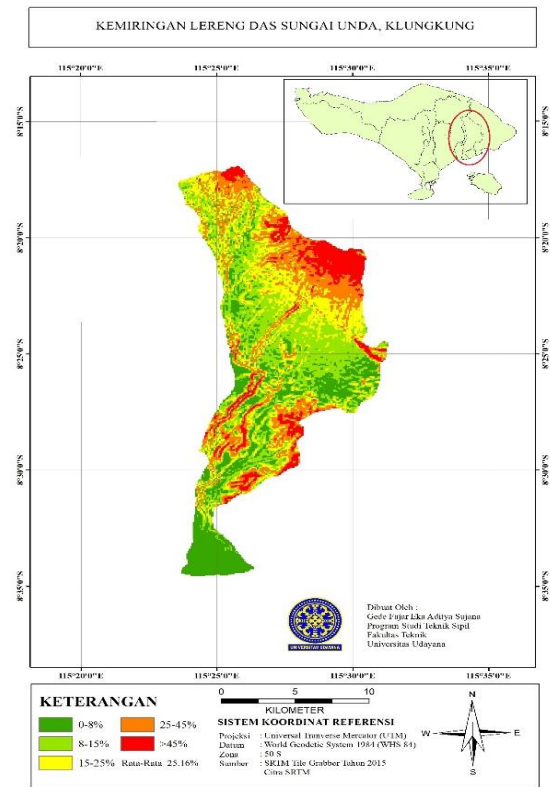


Gambar 3. Grafik nilai erosivitas hujan (R)

Faktor K yang didapat dari peta jenis tanah di Bali, adalah jenis tanah yang berada di cakupan DAS Unda berjenis regosol. Maka dapat diambil nilai K sebesar 0,1 untuk perhitungan USLE. Faktor erodibilitas tanah (K) merupakan indeks kepekaan tanah terhadap erosi dan erodibilitas tanah merupakan fungsi dari sifat-sifat fisik tasnah seperti tekstur, permeabilitas, stabilitas agregat, dan kandungan bahan organik tanah serta pengolahannya. Semakin tinggi nilai K, maka tanah semakin peka terhadap erosi

Identifikasi panjang dan kemiringan lereng (LS) pada DAS Unda dilakukan dengan aplikasi ArcGIS dimana karena cakupan wilayah DAS yang luas aplikasi ini sangat membantu memudahkan dalam mendapatkan hasil tersebut. Gambar 4 menunjukkan hasil analisis LS dengan ArcGis di DAS Unda. Berdasarkan analisis yang dilakukan didapat faktor LS sebesar 25,16. Faktor tanaman (C) dan faktor tindakan konservasi tanah (P) dapat kita lihat pada peta tata guna lahan, peta penutupan lahan atupun rencana pola ruang wilayah. Sesuai dengan kondisi yang ada di DAS Unda diambil nilai (C) 0,1 dan nilai (P) sebesar 0,90 menurut pengelolaan tanaman dengan kemiringan kontur lebih dari 20%.

Setelah semua data yang diperlukan terkumpul selanjutnya kita langsung dapat mengaplikasikan rumus USLE yang ada dan didapatkan rata-rata erosi yang terjadi tiap tahunnya sebesar 30,57 ton/ha/tahun atau volume sedimen sebesar 2654 m³/tahun.



Gambar 4. Analisis LS dengan ArcGIS di DAS Unda

Model hidrologi dengan HEC-GeoRAS

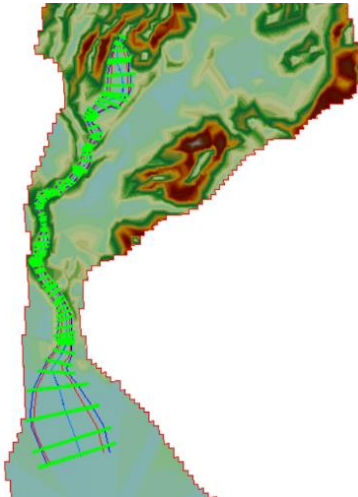
Aliran sungai

Data aliran merupakan data yang digunakan untuk pembuatan model hidrologi di dalam HECGeoRAS (Istiarto, 2015; Aulia, 2017). Data yang digunakan merupakan data debit aliran sungai dalam satuan m³/detik. Data ini dapat berasal dari pengukuran langsung di lapangan maupun secara tidak langsung.

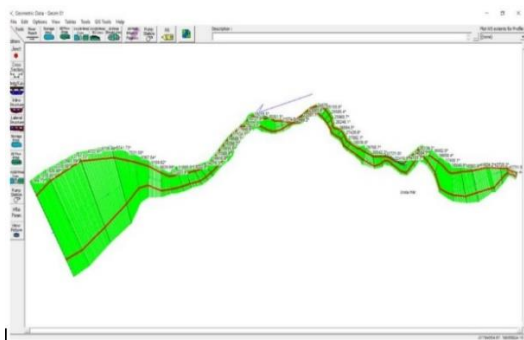
Penampang melintang sungai

Penampang melintang diperlukan untuk memasukkan data geometri sungai pada HEC-RAS. Penampang melintang (*cross section*) Tukad Unda diperoleh dari format peta DEM (*Digital Elevation Model*) dan diolah dengan aplikasi ArcGIS untuk mengetahui kontur dari daerah sekitar aliran Tukad Unda. Dari kontur inilah nantinya digunakan sebagai data utama untuk diekspor ke dalam HEC RAS.

Gambar 5 menampilkan peta kontur dan penampang aliran sungai yang ditinjau. Peta ini diekspor ke dalam HEC-RAS dan telah dilakukan proses interpolasi. Hasil interpolasi terhadap peta pada Gambar 5, dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Kontur dan penampang aliran sungai



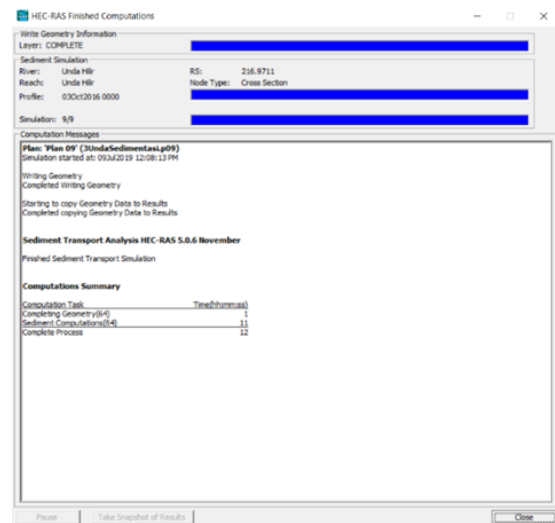
Gambar 6. Hasil ekspor gambar aliran sungai dari ArcGis ke dalam HEC-RAS

Pada Gambar 6, seluruh aliran bagian hilir Tukad Unda diwakili oleh 85 data tampang lintang, namun untuk kebutuhan penelitian 85 penampang tersebut tidak mencukupi. Untuk itu, perlu dilakukan interpolasi agar bagian hilir Tukad Unda ini dapat diperhitungkan ketelitiannya, yaitu dengan memilih menu *Tools > XS Interpolation > Within a Reach* pada layar editor data geometri, pada isian River pilih (all river) untuk menginterpolasi. Setelah memasukkan semua data geometri pada masing-masing sungai dan menginterpolasinya maka langkah selanjutnya adalah menyimpan data geometri tersebut dengan memilih menu *file > save geometry data*.

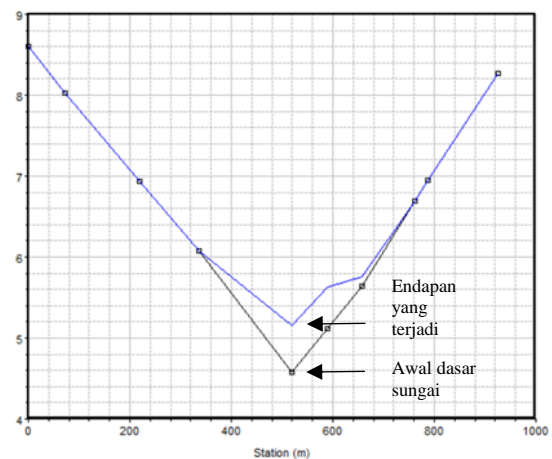
Memodelkan aliran

Parameter yang digunakan untuk membuat model aliran sungai adalah debit aliran sungai itu sendiri

pada menu *edit > quai-unsteady flow*. Setelah dilakukan pemodelan, langkah berikutnya dilanjutkan dengan memasukkan file jenis tanah sesuai dengan hasil percobaan yang dilakukan. Setelah semua data yang diperlukan sudah lengkap dapat kita lakukan *running*. Gambar 7 menunjukkan keluaran *running progame*. Didapatkan hasil berupa perubahan pada dasar aliran sungai, besaran yang sedimen yang masuk ke aliran sungai dan titik jenuh *sediment* yang ada. Dari hasil keluaran diperoleh sedimen yang mengendap pada dasar aliran bagian hilir Tukad Unda adalah 2365 m³. Perubahan yang terjadi di dasar aliran sungai ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 7. Keluaran program HEC-RAS

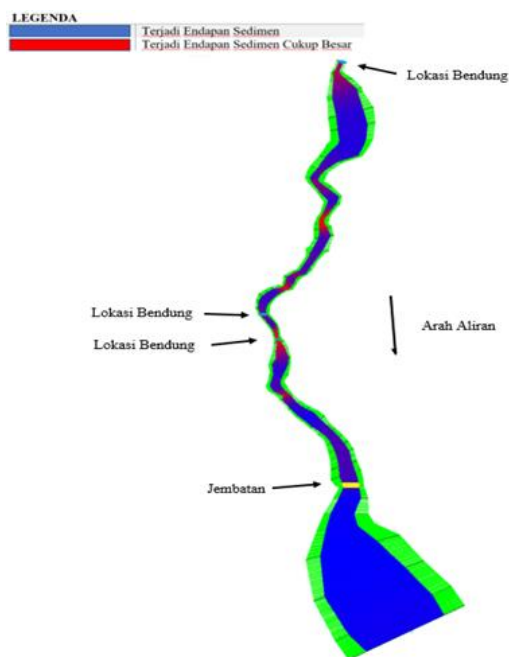


Gambar 8. Profil perubahan dasar sungai

Gambar 8 menggambarkan perubahan dasar sungai yang terjadi pada penampang aliran sungai, hal tersebut dapat dilihat dari adanya perubahan garis, garis hitam menandakan dasar sungai dan garis biru menandakan sedimen yang mengendap. Perubahan yang terjadi yang diakibatkan dari adanya endapan sedimen yang terakumulasi di tiap-tiap penampang

akan membuat kedalaman dasar sungai menjadi beragam.

Gambar 9 menunjukkan *schematic plot* penampang aliran sungai Unda dan gambaran endapan sedimen yang terjadi serta variasi endapan sepanjang alur sungai ditampakkan dari atas, merupakan hasil dari penggunaan ArcGIS untuk memudahkan visualisasi sedimentasi sepanjang alur sungai. Terjadi pengendapan berwarna merah pada titik-titik di penampang menyempit disebabkan adanya bendung dan belokan, dimana kecepatan aliran menjadi lebih rendah.



Gambar 9. Skema penampang aliran Sungai Unda

Hasil Perhitungan USLE dan HEC-GeoRAS

Dari hasil analisis yang dilakukan dengan metode USLE dan HEC-GeoRAS didapatkan hasil yang berbeda, dimana hasil yang diperoleh dengan metode USLE adalah sebesar 2654 m^3 sedangkan dengan running aplikasi HEC-GeoRAS didapatkan hasil yang berbeda yaitu sebesar 2365 m^3 . Perbedaan hasil yang didapat ini kemungkinan berasal dari perbedaan parameter yang digunakan. Pada metode USLE salah satu parameter yang digunakan merupakan curah hujan maksimum dan pada HEC-GeoRAS menggunakan debit maksimum.

Upaya penanggulangan sedimentasi sungai

Untuk mencegah atau menekan besarnya sedimentasi yang terjadi pada aliran sungai, salah satunya adalah upaya pencegahan erosi lahan yang

terjadi pada bagian hulu sungai. Upaya untuk mencegah dan memperkecil erosi yang terjadi yaitu dengan menutup permukaan tanah serapat mungkin dengan oleh tajuk tanaman secara bertingkat atau sersah di lantai lahan, dan juga memperbanyak serapan pada tanah, dengan cara tersebut aliran permukaan yang terjadi dapat diminimalisir dan dengan kekuatan yang tidak merusak (Banuwa, 2013).

Beberapa metode yang dapat dilakukan sebagai metode alternatif penanggulangan terhadap besarnya sedimen yaitu metode vegetatif/biologi/agronomi/hayati, metode mekanik/sipil teknis, metode kimia (Lelyana, 2018). Sedangkan untuk menangani sedimen yang mengendap pada aliran sungai dapat dilakukan dengan cara pembangunan tempat endapan di aliran sungai, penambangan bahan galian C, serta pengerukan endapan yang masuk ke dalam aliran sungai

Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan erosi lahan dengan metode USLE dan HEC-RAS volume total sedimen yang mengendap di hilir aliran Tukad Unda adalah sebesar 2365 m^3 dengan menggunakan aplikasi dan 2654 m^3 dengan metode USLE dengan persentase perbedaan dari kedua metode ini adalah 9,2 %. Bentuk Profil dari sebaran sedimen yang terbentuk di hilir Tukad Unda dengan sedimentasi yang terjadi selama 1 tahun digambarkan dan terlihat bahwa akumulasi sedimen yang terendap mengalami peningkatan dan menyebabkan terjadinya pendangkalan seiring berjalannya waktu. Metode mekanik/sipil teknis merupakan upaya yang tepat untuk mengurangi endapan sedimentasi yang ada pada bagian hilir Tukad Unda. Dimana hal tersebut dapat dilakukan dengan pengerukan pada titik stationing UD 64 sampai dengan UD 60 lalu pada titik stationing UD 55 sampai dengan UD 57 dan pada stationing UD 45 sampai dengan UD 41 sesuai dengan hasil analisis yang didapat melalui aplikasi HEC-GeoRAS.

Saran

Saran yang dapat diberikan untuk memperoleh hasil yang mendekati kondisi sedimen di hilir Tukad Unda, perlu dilakukan kajian jumlah material lahar dingin pasca meletusnya Gunung Agung yang kembali terjadi pada tahun 2017 sampai beberapa tahun setelahnya, yang mengalir melalui aliran Tukad Unda. Kemudian untuk tetap menjaga kedalaman dan lebar penampang sungai dapat dilakukan secara berkala pengerukan dengan volume yang dihasilkan oleh pemodelan aplikasi HEC-GeoRAS.

Daftar Pustaka

- Andrian, I., & Pranoto, W. A. (2020). Analisis angkutan sedimen dasar sungai cibeet dengan hecras dan uji laboratorium. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(1), 31-38.
- Asdak, C. (2007). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Aulia, D. F. (2017). *Aplikasi HEC-GEORAS untuk analisa genangan dan pengendalian banjir Sungai Ciraja*. <http://repository.ub.ac.id/7779/>
- Balai Wilayah Sungai Bali Penida (2018). Laporan mekanika tanah DAS Unda.
- Banuwa, I. S. (2013). *Erosi*. Jakarta: Prenadamedia Group.
- Brunner, G. W., & Gibson, S. (2005). Sediment transport modeling in HEC RAS. In *Impacts of Global Climate Change* (pp. 1-12).
- Dermawan, V., & Sisinggih, D. (2017). Analisa potensi sedimen debris di DAS Konto pasca erupsi Gunung Kelud 2014. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 8(2), 231-240.
- Duan, J. G., Acharya, A., Yaeger, M., & Zhang, S. (2008). Evaluation of flow and sediment models for the Rillito River. In *World Environmental and Water Resources Congress 2008: Ahupua'A* (pp. 1-10).
- Haghiabi, A. H., & Zaredehdasht, E. (2012). Evaluation of HEC-RAS ability in erosion and sediment transport forecasting. *World Applied Sciences Journal*, 17(11), 1490-1497.
- Indraswari, D., Hanifah, N., Ramadani, M. J., & Priyana, Y. (2018). *Analisis Aplikasi Arcgis 10.3 Untuk Pembuatan Daerah Aliran Sungai Dan Penggunaan Lahan Di Das Samajid Kabupaten Sampang, Madura*. Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS IX 2018. <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/xmlui/handle/11617/10389>
- Istiarto. (2012). *Modul Pelatihan Pemakaian HEC-RAS, Simulasi Aliran 1-Dimensi*. Yogyakarta: MTPBA FT UGM.
- Istiarto. (2014). *Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS*. Yogyakarta: MTPBA FT UGM.
- Istiarto. (2015). *Bimbingan Teknis Genangan Banjir (HEC-GeoRAS)*. Yogyakarta: MTPBA FT UGM.
- Komariah, K., & Suyana, J. (2015). Metode USLE untuk Memprediksi Erosi Tanah dan Nilai Toleransi Erosi Sebuah Sistem Agricultural di Desa Genangan Kecamatan Jumantono Karanganyar. *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*, 17(2), 39-43.
- Kusumaningrum, R., Suyanto, S., & Solichin, S. (2015). *Analisis Angkutan Sedimen Anak Sungai Bengawan Solo Pada Sungai Dengkeng*. *Matriks Teknik Sipil*, 3(1)
- Lelyana, N. (2018). *Analisis Sedimentasi sebagai evaluasi Umur Layanan Waduk Benel di Kabupaten Jembrana Provinsi Bali*. Denpasar: Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana.
- Lestari, F. F. (2008). *Penerapan Sistem Informasi Geografis dalam Pemetaan Daerah Rawan Longsor di Kabupaten Bogor*. Bogor: Skripsi Institut Pertanian Bogor.
- Nichols, G. (2009) *Sedimentology and Stratigraphy*. Blackwell Science Ltd., London, 335 p.
- Prima, A. D., & Pangestu, P. (2014). *Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Limbah Cangkang Kerang ditinjau dari Nilai CBR* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Satria, F. W., Saputro, S., & Marwoto, J. (2017). Analisa pola sebaran sedimen dasar muara Sungai Batang Arau Padang. *Journal of Oceanography*, 6(1), 47-53.
- Soemarno. (2013). *Pengelolaan Sumber Daya Tanah erosi dan Konservasi Tanah Rawan Longsor di Kabupaten Bogor*. Bogor : *Skripsi* Departemen Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Van Zuidam, R. A. (1985). *Aerial Photo – Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. Smith Publisher ITC
- Wardhana, P. N. (2015). Analisis transpor sedimen Sungai Opak dengan menggunakan program HEC-RAS 4.1. 0. *Teknisia*, 20(1), 22-31.