



Gorontalo

Journal Of Forestry Research

Volume 6 Nomor 1 April 2023

P-ISSN 2614-2058 E-ISSN 2614-204X

APLIKASI MODEL BUILDER PADA SISTEM INFORMASI GEOGRAFI UNTUK MENDUGA POTENSI EROSI DI SUB DAS MARISA KABUPATEN GORONTALO (APPLICATION OF BUILDER MODEL ON GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TO ESTIMATING POTENTIAL EROSION IN MARISA SUB WATERSHED GORONTALO REGENCY)

Efendi Payuyu, Fitryane Lihawa, Iswan Dunggio*
Pascasarjana Kependudukan dan Lingkungan Hidup Universitas Negeri Gorontalo
*E-mail : iswan@ung.ac.id

*Received, 05th October 2022; Revisied, 01st April 2023;
Accepted, 03th April 2023*

ABSTRAK

Sub DAS Marisa merupakan salah satu sub DAS yang mengalami kerusakan. Adanya perubahan penggunaan lahan menjadi lahan pertanian mengakibatkan peningkatan terjadinya erosi. Tujuan penelitian adalah untuk menduga potensi erosi dengan aplikasi model Builder pada Sistem Informasi Geografis. Pengukuran potensi erosi menggunakan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*). Berdasarkan hasil analisis USLE bahwa Sub DAS Marisa nilai erosi tertinggi berada di Kecamatan Limboto Barat dengan luas 7.539,30 Ha. Faktor erosi yang paling berpengaruh di Sub DAS Marisa yaitu faktor CP dan LS. Mayoritas masyarakat merupakan petani sehingga banyaknya lahan pertanian di daerah tersebut. Faktor LS yaitu rata-rata keadaan topografi di Sub DAS Marisa yaitu curam dengan kelas kemiringan lereng IV (25%-40%). Di Sub DAS Marisa kurangnya tindakan konservasi yang dilakukan masyarakat, sehingga banyaknya partikel tanah yang terdegradasi terbawa aliran oleh air hujan. Adapun tindakan konservasi yang dapat diterapkan antara lain pemberian mulsa dan penanaman dengan pola sistem agroforestry.

Kata kunci: Erosi; USLE; Aplikasi Builder.

ABSTRACT

Marisa sub-watershed is one of the damaged sub-watersheds. The change in land use to agricultural land resulted in an increase in erosion. The purpose of this research is to estimate the erosion potential with the application of the Builder model in Geographic Information Systems. Measurement of erosion potential using the USLE (Universal Soil Loss Equation) method. Based on the results of USLE analysis that the Marisa Sub-watershed has the highest erosion value in the West Limboto District with an area of 7,539.30 Ha. The most influential erosion factors in the Marisa sub-watershed are CP and LS factors. The majority of people are farmers so there is a lot of agricultural land in the area. The LS factor is the average topography in the Marisa sub-watershed,

which is steep with slope class IV (25%-40%). In the Marisa Sub-watershed, there is a lack of conservation action taken by the community, so that many degraded soil particles are carried away by rainwater. The conservation actions that can be applied include providing mulch and planting with an agroforestry system pattern.

Keywords: *Erosion; USLE; Builder Application*

PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk di Indonesia memperlihatkan kecenderungan yang meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan sensus penduduk 2020 jumlah penduduk Indonesia mencapai 270,20. Jumlah penduduk ini mengalami kenaikan menjadi 272,68 juta jiwa pada tahun 2021 (BPS, 2022). Sejalan dengan pertambahan penduduk, terjadi pula peningkatan kebutuhan lahan untuk memenuhi berbagai aktivitas pembangunan. Kondisi pertambahan penduduk yang cukup besar, menciptakan tekanan penduduk terhadap sumberdaya lahan. Jika pertambahan penduduk tidak diantisipasi maka daya dukung dan daya tampung terhadap lahan menjadi berkurang dan lahan-lahan yang produktif menjadi terdegradasi (Cahyono *et al*, 2021; Dunggio dan Ichsan, 2020; Salote *et al* 2023) .

Terdegradasinya lahan akan mengakibatkan meluasnya kerusakan lahan terutama kerusakan lahan hutan. Pengurangan luas hutan yang masih berlangsung sampai saat ini disebabkan antara lain oleh penebangan liar, pembukaan hutan, dan lain sebagainya akan mengakibatkan terganggunya hutan. Adanya aktifitas terhadap perubahan lanskap termasuk perubahan tata guna lahan yang dilaksanakan di daerah hulu DAS tidak hanya memberikan dampak di daerah dimana kegiatan tersebut berlangsung, tetapi juga akan menimbulkan dampak di daerah hilir seperti terjadinya perubahan fluktuasi debit dan transpor sedimen serta material terlarut dalam sistem aliran air. Dampak yang lebih luas adalah terjadinya pencemaran terhadap DAS (Desey *et al*, 2022; Dunggio *et al*, 2022; Dunggio and Musa, 2022)

Salah satu dampaknya adalah terjadinya erosi di daerah hulu karena praktek bercocok tanam yang tidak mengikuti kaidah-kaidah konservasi tanah dan air, tidak hanya memberikan dampak di daerah dimana erosi itu terjadi, tetapi juga akan menimbulkan dampak di daerah hilir dalam bentuk terjadinya sedimentasi sehingga mengakibatkan penurunan kapasitas tampung atau pendangkalan waduk dan sungai, bahkan dapat mengakibatkan banjir di daerah hilir (Fuady dan Azizah, 2008). Kerusakan ini akan berakibat semakin meluasnya lahan kritis, terutama lahan kritis dalam Daerah Aliran Sungai (DAS). Kerusakan lahan di DAS akan mengakibatkan kerusakan pada banyak hal seperti air sungai yang sangat keruh, pendangkalan di sungai dan waduk, menipisnya solum tanah dan menurunnya produktivitas lahan yang merupakan sebahagian dari dampak terjadinya erosi.

Proses erosi terdiri atas tiga bagian yang berurutan, pengelupasaan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*) Tinjauan lebih lanjut akibat adanya erosi adalah munculnya sedimentasi (Alie, 2015). Erosi dapat dikatakan sebagai proses terlepasnya butiran tanah dari induknya di suatu tempat dan

terangkutnya material tersebut oleh gerakan air atau angin kemudian diikuti dengan pengendapan material yang terangkut di tempat yang lain (Suripin, 2002).

Salah satu sub DAS yang mengalami tekanan akibat erosi adalah Sub DAS Marisa yang terletak di DAS Limboto. Sub DAS Marisa merupakan salah satu DAS yang termasuk dipulihkan sehingga dapat disimpulkan bahwa Sub DAS Marisa mengalami kerusakan. Kerusakan DAS yang terjadi mengakibatkan kondisi kuantitas air (debit) air sungai menjadi fluktuatif antara musim penghujan dan kemarau. Selain itu penurunan cadangan air serta tingginya laju sedimentasi dan erosi. Dampak yang ditimbulkan adalah terjadinya banjir di musim penghujan dan kekeringan di musim kemarau. Perubahan tataguna lahan serta kurangnya kesadaran masyarakat terhadap pelestarian DAS serta aktivitas pertanian yang semakin tak terkendali membuat Sub DAS Marisa mengalami kerusakan lingkungan. Berdasarkan uraian permasalahan diatas maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui dugaan potensi erosi pada Sub DAS Marisa Kabupaten Gorontalo, dengan menggunakan Model Builder pada Aplikasi GIS. Menurut Bakar (2012), model Builder pada GIS memiliki keunggulan yang tidak dimiliki oleh aplikasi lain antara lain: sangat efisien, terintegrasi dengan software GIS dan mempunyai akurasi tinggi dalam melakukan perhitungan. Berdasarkan penelusuran hasil-hasil riset yang dilakukan sebelumnya, penggunaan aplikasi model builder pada GIS masih jarang dilakukan bahkan penggunaan aplikasi builder untuk menentukan besaran erosi di sub DAS Marisa belum pernah dilakukan. Sehingga dapat dikemukakan, salah satu kebaharuan dari penelitian ini terdapat pada lokasi dan penggunaan aplikasi dalam menentukan erosi di Sub DAS

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian ini yaitu pada Sub DAS Marisa DAS Limboto, dengan outlet pada Danau Limboto. Secara Administratif Sub DAS Marisa DAS Limboto terletak di Kecamatan Limboto Barat, Limboto Kabupaten Gorontalo dan Kecamatan Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara yang kesemuanya meliputi 13 Desa. Secara astronomis terletak pada 122° 53' 46" BT – 122° 58' 52" BT dan 0° 35' 48" LU – 0° 45' 05" LU, yang berbatasan dengan Sebelah utara SWP DAS Poso, sebelah Timur Sub DAS Pone DAS Limboto, Sebelah Selatan adalah Sub DAS Batulayar DAS Limboto dan Danau Limboto dan Sebelah Barat berbatasan dengan Sub DAS Alo DAS Limboto. Luas Sub DAS Marisa yaitu 7.539,30 Ha, sebagaimana peta administrasi pada Gambar 1.

Penelitian ini merupakan penelitian survei dengan pendekatan berdasarkan satuan lahan Sub Daerah Aliran Sungai dan diolah menjadi data deskriptif. Variabel yang diukur untuk menduga erosi dilakukan menggunakan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) Juknis Penyusunan Peta Rawan Erosi Perdirjen PDASHL P.10 2017 dengan rumus:

$$A = R.K.L.S.C.P... \dots \dots (1)$$

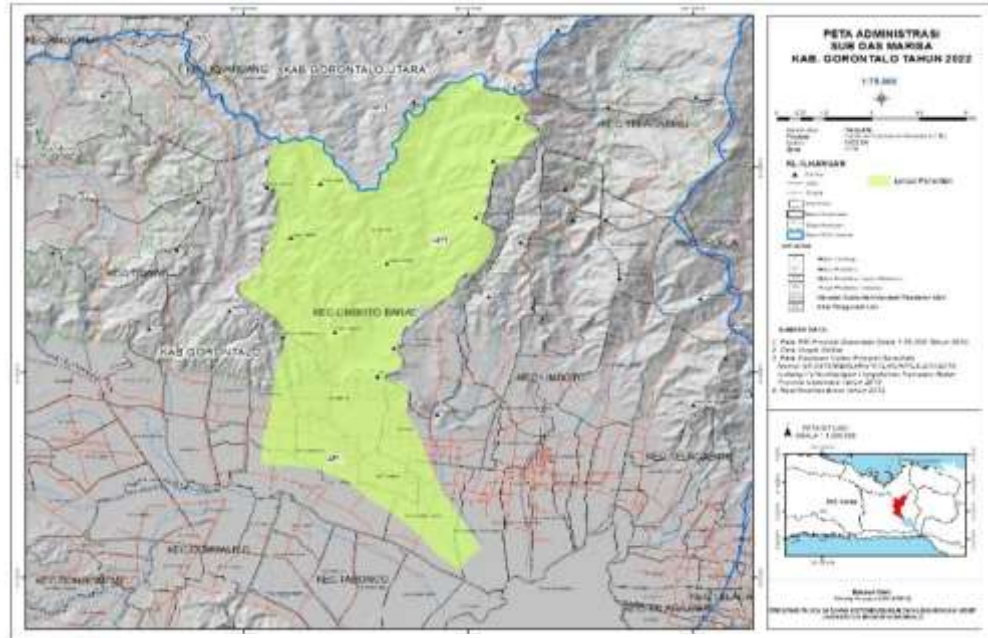
Dimana:

A = Jumlah kehilangan tanah maksimum (ton.ha.tahun)

R = Erosivitas hujan

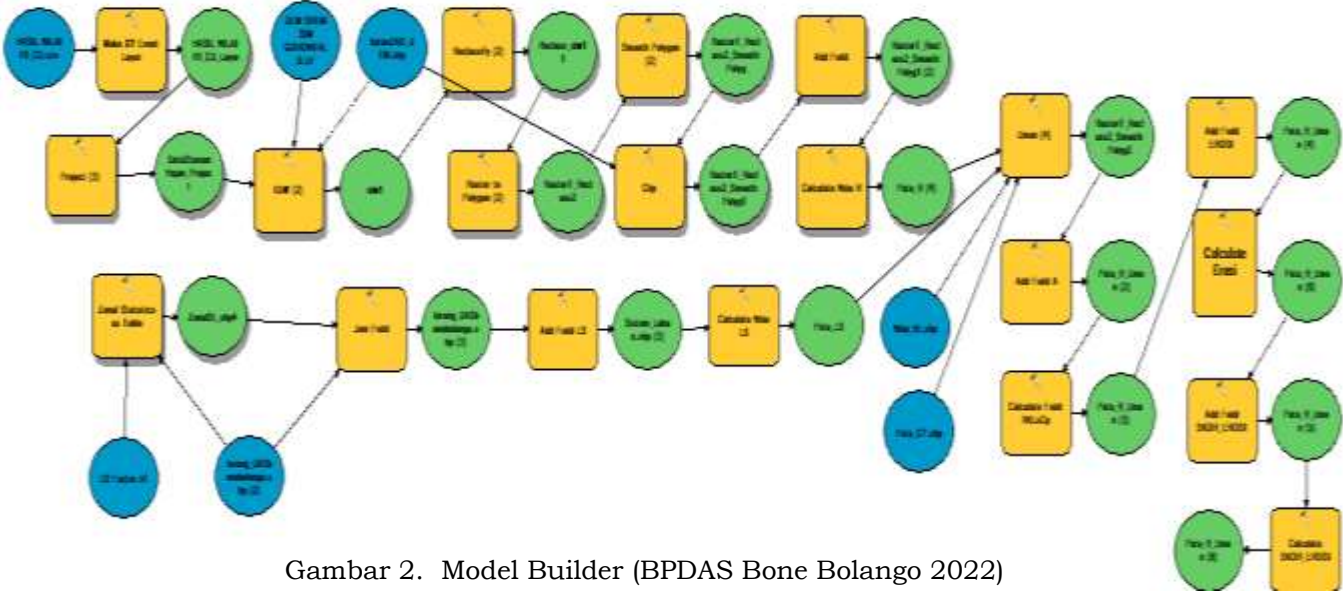
K = Erodibilitas tanah

- L = Panjang lereng
- S = Kemiringan lereng
- C = Vegetasi
- P = Praktik konservasi tanah

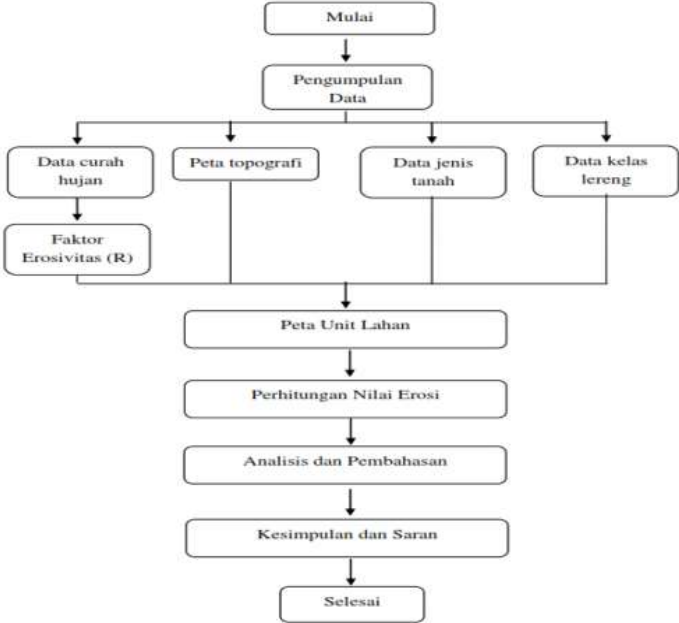


Gambar 1. Peta Administrasi

Kegiatan ini dilakukan dengan menggunakan sebuah model yang disusun menggunakan Model Builder pada aplikasi ArcGIS. Tujuan digunakannya model adalah untuk otomatisasi dan menyeragamkan langkah-langkah yang dilakukan dalam penyusunan dan analisis erosi, sebagaimana Gambar 2, sedangkan proses analisis erosi dengan metode model builder, pada intinya adalah metode tumpang susun data spasial penyusunan erosi sebagaimana Gambar 3 berikut ini.



Gambar 2. Model Builder (BPDAS Bone Bolango 2022)



Gambar 3. Bagan Alur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan persamaan metode *USLE* variable yang digunakan diantaranya:

1. Perhitungan faktor erodibilitas hujan menggunakan data curah hujan 10 tahun terakhir dari tahun 2010 sampai tahun 2020. Data tersebut diperoleh dari BMKG.

Tabel 1. Erosivitas (R)

No.	Nilai R (mm/Th)	Kecamatan	Luas(Ha)
1	766	- Kecamatan Limboto	- 463,17
		- Kecamatan Limboto barat	- 2.706,22
2	969	- Kecamatan Limboto barat	- 1.243,37
		- Kecamatan Tibawa	- 11,51
3	1133	- Kecamatan Limboto barat	- 1.687,35
		- Kecamatan Tibawa	- 5,99
		- Kecamatan Kwandang	- 60,02
4	1391	- Kecamatan Limboto	- 2,84
		- Kecamatan Limboto barat	- 1.256,84
		- Kecamatan Telaga biru	- 0,32
		- Kecamatan Tibawa	- 9,99- 91,68
		- Kecamatan Kwandang	
Grand Total			7.539,30

Sumber: Data Primer, 2022

2. Peta jenis tanah berupa peta yang menampilkan jenis tanah di wilayah Sub DAS Marisa. Dengan mengetahui jenis tanah maka dapat menentukan nilai erodibilitas yaitu sebagai berikut:

Tabel 2. Erodibilitas (K)

No.	Kecamatan	Jenis Tanah/ Nilai K	Luas(Ha)
1	Limboto	Aluvial (0,5)	463,17
		Podsolik (0,49)	2,84
2	Limboto barat	Aluvial (0,5)	2.901,04
		Podsolik (0,49)	3.992,75
3	Telaga biru	Podsolik (0,49)	0,32
4	Tibawa	Podsolik (0,49)	27,48
5	Kwandang	Podsolik (0,49)	151,70
Grand Total			7.539,30

3. Faktor Panjang dan Kemiringan lereng (LS) di Sub DAS Marisa dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Panjang dan Kmeiringan lereng (LS)

No.	Kelas Lereng	Nilai LS	Luas(Ha)
1	0-8%	4,26	2.160,58
2	8-15%	4,42	32,34
3	15-25%	6,17	301,04
4	25-40%	11,21	3.599,78
5	>40%	19,98	1.445,55
Grand Total			7.539,30

Sumber: BPDASHL Bone-Bolango

4. Faktor tutupan lahan dan tindakan konservasi (CP) di Sub DAS Marisa dengan menggunakan data penggunaa lahan tahun 2020. Mengetahui peta penggunaan lahan dapat memonitor pengembangan suatu aktivitas di wilayah Sub DAS Marisa.

Tabel 4. Nilai CP

No.	Penutupan Lahan	Nilai CP	Luas(Ha)
1	Hutan Lahan kering sekunder	0,033	747,92
2	Pertanian Lahan Kering	0,025	552,46
3	Pertanian Lahan Kering Campur Semak	0,03	3.861,02
4	Sawah	0,001	1.601,43
5	Semak Belukar	0,035	773,47
7	Tanah Terbuka	0,06	2,99
Grand Total			7.539,30

Sumber: Tabel CP Penyusunan Update Lahan Kritis KLHK 2022

Berdasarkan hasil overlay data Parameter di atas berupa data R,K, LS, CP secara Model Builder, didapatkan hasil perhitungan dan klasifikasi nilai erosi di Sub DAS Marisa, mulai dari kelas sangat ringan hingga sangat berat.

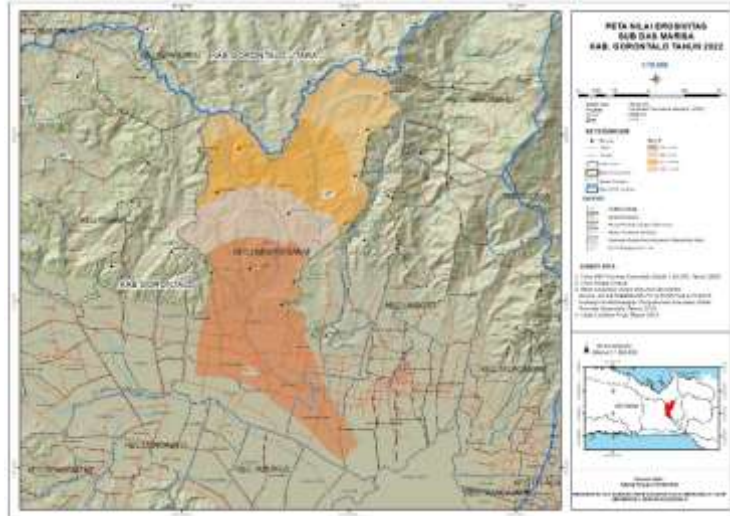
Tabel 5. Hasil Pendugaan Nilai Erosi

No.	Kecamat an	Kelas Erosi (Ton/Ha/Thn				Total (Ha)
		Sangat Ringan (I)	Ringan (II)	Sedang (III)	Berat (IV)	
1	Limboto	458,23	4,94	0	2,84	466,01
2	Limboto Barat	1.244,59	497,93	1.811,33	3.339,93	6.893,79
3	Telaga Biru	0	0	0	0,32	0,32
4	Tibawa	0	0	3,73	23,75	27,48
5	Kwandang	0	0	23,46	128,24	151,70
Grand Total		1.702,82	502,87	1.838,51	3.495,08	7.539,30

Sumber: Hasil analisis 2022

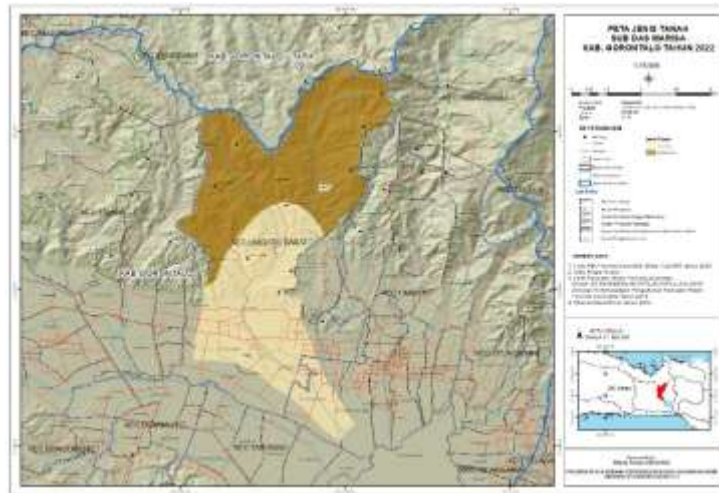
Berdasarkan analisis secara spasial didapatkan bahwa, pada area Sub DAS Marisa memiliki curah hujan rata-rata 766-1391 mm/th. Seperti pada tabel 1 menjelaskan bahwa curah hujan tahunan terendah yaitu 766 mm/th yang terjadi pada 2 kecamatan yaitu Kecamatan Limboto dan Kecamatan Limboto Barat. Begitu pula pada curah hujan tertinggi yaitu 1391 mm/th yang terjadi pada 5 kecamatan yaitu

Kecamatan Limboto, Kecamatan Limboto Barat, Kecamatan Telaga Biru, Kecamatan Tibawa dan Kecamatan Kwandang.



Gambar 4. Peta Curah Hujan

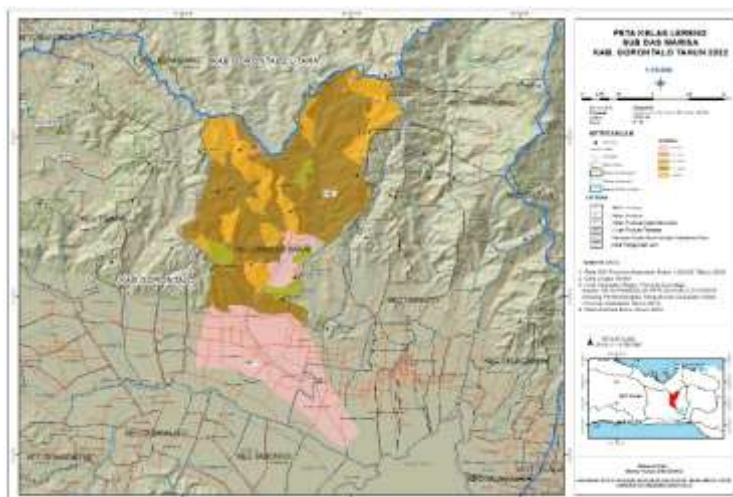
Sub DAS Marisa memiliki dua jenis tanah yaitu jenis tanah aluvial dan jenis tanah podsolik. Dimana kedua jenis tanah tersebut tersebar di lima kecamatan diantaranya Kecamatan Limboto dan Kecamatan Limboto Barat terdapat jenis tanah kedua. sedangkan Kecamatan Telaga Biru, Kecamatan Tibawa dan Kecamatan Kwandang hanya terdapat jenis tanah podsolik. Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.



Gambar 5. Peta Jenis Tanah

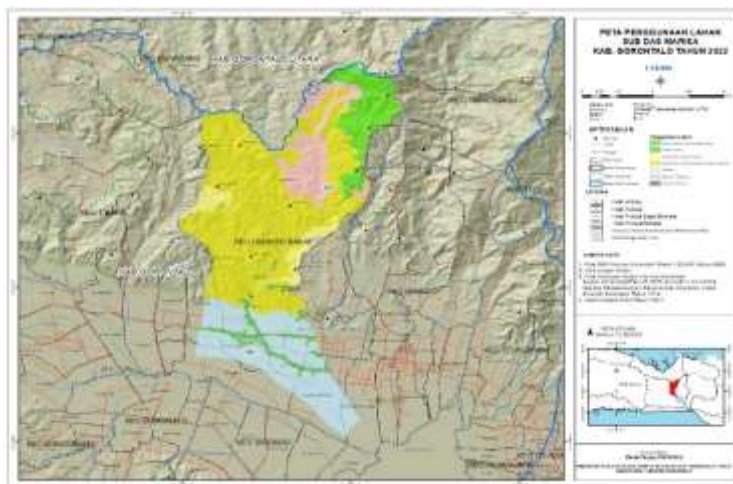
Panjang dan kemiringan lereng pada Sub DAS Marisa dilihat berdasarkan keadaan topografi DAS tersebut. Dimana keadaan topografi yang bervariasi diantaranya daerah pegunungan, perbukitan dan dataran rendah. Berdasarkan keadaan topografi tersebut sehingga diperoleh nilai keterangan menjadi lima kelas dengan nilai LS yang

diperoleh diantaranya kelas 1 senilai 4,26 kelas 2 senilai 4,42 kelas 3 senilai 6,17 kelas 4 senilai 11,21 dan kelas 5 senilai 19,98.



Gambar 6. Peta Kelas Lereng

Faktor CP merupakan hasil analisis dari penggunaan lahan dan tindakan konservasi. Dilihat berdasarkan penggunaan lahan bahwa di Sub DAS Marisa didominasi oleh pertanian lahan kering campur semak dengan luas 3.861,02 ha kemudian sawah seluas 1.601,43 ha. Sedangkan luasan penggunaan lahan lainnya berupa pertanian lahan kering, hutan lahan kering sekunder, semak belukar dan tanah terbuka berada diantara \pm 5-1.000 ha seperti pada tabel 4 dan gambar berikut:



Gambar 7. Peta Penggunaan

Hasil analisis erosi menggunakan model builder, seperti pada tabel 5 menjelaskan bahwa di Kecamatan Limboto barat menunjukkan nilai erosi tertinggi sebesar 3.339,93 Ha dengan klasifikasi sedang masih dengan kecamatan limboto barat 1.811,33 ha. Rata-rata erosi perhektar dalam setahun yaitu 163,837 ton/ha/thn.

Laju erosi dipengaruhi oleh banyak faktor. Dalam rumus USLE faktor yang paling berpengaruh yaitu faktor CP dan LS. Pengaruh faktor LS terhadap erosi yaitu berdasarkan kemiringan dan panjang lereng yang akan berpengaruh terhadap

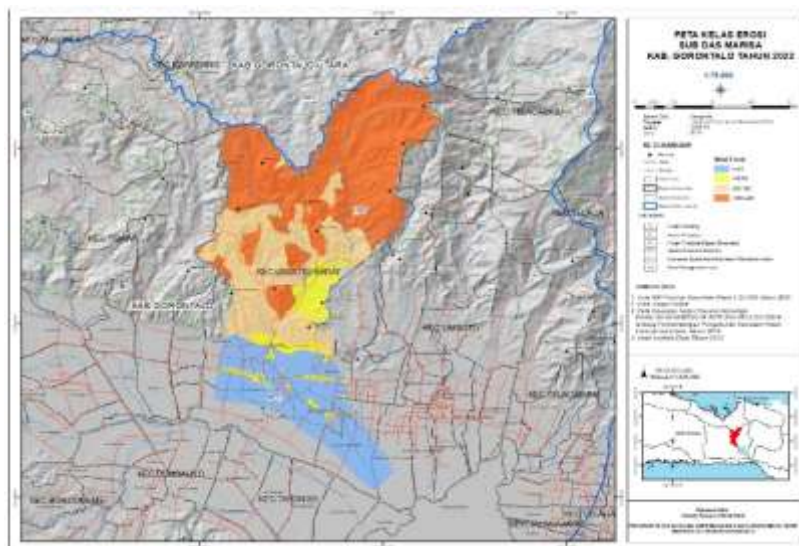
kecepatan aliran permukaan. Makin miring lereng maka air pada tanah serta kemampuan air untuk menghanyutkan tanah dipengaruhi oleh kecepatan aliran permukaan, sedangkan di Sub DAS Marisa kemiringan lereng rata-rata berada pada kemiringan lereng berbukit sampai curam sehingga kecepatan aliran permukaan cepat mengalir dari hulu ke hilir.

Pada faktor CP dipengaruhi oleh penggunaan lahan artinya semakin luas areal hutan maka laju erosi semakin rendah. Apabila luas hutan berkurang maka meningkatnya erosi tanah, namun juga akan menyebabkan berkurangnya wilayah resapan air sehingga terjadi penurunan kapasitas penyimpanan air yang dapat meningkatkan terjadinya erosi.

Mayoritas masyarakat memanfaatkan lahan menjadi lahan pertanian. Karena sebagian besar mata pencaharian masyarakat Sub DAS Marisa sebagai petani lahan kering yaitu jagung. Faktor tersebut sehingga terjadi degradasi lahan pada Sub DAS Marisa. Sejalan dengan hasil penelitian (Salote, et al, 2022) bahwa faktor sosial ekonomi yang berpengaruh secara signifikan terhadap degradasi lahan di DAS diantaranya tingkat pendidikan, kepemilikan lahan dan pengetahuan masyarakat tentang lahan kritis. Perubahan penggunaan lahan memiliki dampak besar terhadap lingkungan biofisik dan sosial ekonomi (Cahyono, et al. 2021). Menipisnya lapisan permukaan tanah bagian atas menyebabkan menurunnya kemampuan lahan (degradasi lahan, akibatnya menurunnya kemampuan tanah untuk meresapkan air (infiltrasi). Menurut Dunggio, et al (2021) Alih fungsi lahan pada beberapa DAS di Provinsi Gorontalo mengalami penurunan selama COVID-19, karena menurunnya permintaan terhadap komoditas pertanian. Penurunan komoditas pertanian juga berdampak pada meningkatnya kemampuan lahan untuk melakukan regenerasi dan menurunnya tingkat pencemaran air disepanjang sungai-sungai utama di DAS (Desev, et al 2022). Meskipun demikian pada aspek ekonomi, perlambatan supply komoditas pertanian berdampak pada fiskal pembiayaan pembangunan daerah (Kojongkam et al, 2022)

Penurunan kemampuan lahan meresapkan air ke dalam lapisan tanah akan meningkatkan limpasan air permukaan yang membawa sedimen kemuara sungai atau fatalnya berujung banjir. Erosi dalam jumlah tertentu sebenarnya merupakan kejadian alami, namun baik untuk ekosistem. Misal kerikil secara berkala turun ke elevasi yang lebih rendah melalui angkutan air. Namun jika berlebihan hanya akan merusak ekosistem daerah aliran sungai (Lubis dkk, 2015)

Adapun tindakan konservasi yang dapat diterapkan terhadap lahan pertanian yaitu pemberian mulsa yang disebar untuk menutup permukaan tanah serta pengaturan pola tanam dengan mengkombinasikan tanaman kehutanan dan tanaman pertanian yang disebar untuk menutup permukaan tanah guna melindungi dari percikan langsung butiran hujan sehingga mengurangi terjadinya erosi permukaan. Menurut hasil penelitian (Dunggio dan Ichsan, 2020) sistem vegetatif Di DAS mampu mengurangi erosi hingga 1.398.896 ton/tahun atau sekitar 86% pada wilayah dengan tingkat erosi tinggi. Selain itu dengan meningkatkan pertumbuhan tanaman seperti pepohonan pada didaerah permukiman, dengan meningkatnya pertumbuhan tanaman secara tidak langsung akan meningkatkan kapasitas infiltrasi pada tanah.



Gambar 8. Kelas Bahaya Erosi

PENUTUP

Berdasarkan perhitungan USLE dengan model builder pada aplikasi SIG, diperoleh besaran erosi sebesar 163,837 Ton/Ha/Thn, dengan didominasi oleh kelas erosi berat (Kelas IV) seluas 3.495,08 Ha dan yang paling kecil adalah kelas erosi Kelas II (Ringan seluas 502,87 Ha. Faktor yang paling berpengaruh terhadap nilai erosi di Sub DAS Marisa yaitu Faktor LS dan faktor CP. Hasil pemodelan builder menunjukkan nilai kelerengan (LS) terbagi menjadi menjadi lima kelas yaitu: kelas 1 senilai 4,26 kelas 2 senilai 4,42 kelas 3 senilai 6,17 kelas 4 senilai 11,21 dan kelas 5 senilai 19,98. Jenis tanah yang dominan di sub DAS Marisa adalah tanah podsolik yaitu seluas 4.175,09 ha. Tanah podsolik adalah tanah dengan kesuburan rendah sehingga kurang cocok untuk budidaya pertanian. Kelas lereng di Sub DAS Marisa di dominasi oleh lereng curam seluas 3.860,82 ha atau 51,21% dari total luasan wilayah sub DAS Marisa. Dominasi lereng yang sangat curam dapat memperbesar potensi terhadap bahaya erosi. Kelas penutupan lahan terbesar adalah pertanian lahan kering seluas 3.861,02 ha atau 51.21%. Wilayah hutan sebagai kawasan lindung untuk melindungi potensi bahaya erosi hanya 747.42 ha atau sekitar 9,9%.

DAFTAR PUSTAKA

- Alie, M.E.R., (2015). Kajian Erosi Lahan Pada DAS Dawas Kabupaten Musi Banyuwasin-Sumatra Selatan. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Vol. 3, No. 1. ISSN: 2355-374X.
- BPS. (2022). Jumlah Penduduk Tahun 2020-2022. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. <https://www.bps.go.id/indicator/12/1975/1/jumlah-penduduk-pertengahan-tahun.html>

- Bakar, A. 2012. Pengenaln model builder pada GIS. <https://www.citrasatelit.com/modelbuilder-arcgis/>
- BPDAS Bone Bolango, 2022. Rencana Umum Rehabilitasi Hutan dan Lahan Provinsi Gorontalo. Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Bone Bolango Provinsi Gorontalo
- Cahyono, Y.E., Hasim, Dunggio, I. (2021). Analisis Pola Perubahan Penggunaan Lahan di Daerah Aliran Sungai Biyonga Kabupaten Gorontalo Provinsi Gorontalo. *GJFR Volume 4 Nomor 2 Oktober 2021, E-ISSN 2614-204X P-ISSN 2614-2058*
- Dasrizal, Juita, E., Ulni, A.Z.P. (2018). Analisis Erosi Tebing Dan Konservasi Lahan Berbasis Kearifan Local Di Nagari Sungai Sariak. *Jurnal Spasial (Jurnal Penelitian, Terapan Ilmu Geografi dan Pendidikan Geografi* 1(5)
- Desity, H., F Lihawa., I Dunggio. 2022. Strategi Pengelolaan Limbah Cair Industri Kecil Menengah Di Kabupaten Gorontalo Utara. *RADIAL* Vol. 10 No. 1, Juni 2022, Hal. 23-33. ISSN: 2337-4101, E-ISSN: 2686-553X. DOI: <https://doi.org/10.37971/radial.v10i1.262>
- Dunggio, I., Lihawa, F., Hasan, R. 2022. Dinamika Perubahan Tutupan Lahan di Sub DAS Tamalate Kabupaten Bone Bolango. *GJFR Volume 5 Nomor 2 Oktober 2022, E-ISSN 2614-204X P-ISSN 2614-2058*. DOI: <https://doi.org/10.32662/gjfr.v5i2.2451>
- Dunggio, I dan Ichsan, A.C. 2020. Efektifitas Pembuatan Tanaman Vegetatif dalam Menanggulangi Erosi dan Sedimentasi (Studi kasus di daerah aliran sungai (DAS) Limboto Provinsi Gorontalo). *Jurnal Belantara E-ISSN 2614-3453. P-ISSN 2614-7238* DOI: 10.29303 <http://belantara.unram.ac.id/index.php/index/oai>
- Dunggio, I., Abdullah, S., & Risma Neswati. (2021). Impact Of Pandemic Covid-19 On Environmental And Agriculture In The Province Of Gorontalo. *Jurnal Ecosolum*, 10(1), 82-96. <https://doi.org/10.20956/ecosolum.v10i1.14235>
- Dunggio, I., Musa WJA. 2022 Pengujian Kualitas Kimia dan Fisika Limbah Cair Pada Industri Kecil dan Menengah di Daerah Aliran Sungai (DAS) Poso Kabupaten Gorontalo Utara. *Jamb.J.Chem.,Year, Volume 4 No (2), 45-55 p.* p-ISSN: 2656-3665, e-ISSN:2656-6834. DOI: <https://doi.org/10.34312/jambchem.v4i2>
- Fuady, Z dan Azizah C. (2008). Tinjauan Daerah Aliran Sungai Sebagai Sistem Ekologi dan Manajemen Daerah Aliran Sungai. *Lentera*, Vol 6: 1-10.
- I. F. Kurniawan, A. Aneiba, A. Hussain, M. Idrissi, I. Dunggio and A. T. Asyhari, "Large-scale Tree Detection through UAV-based Remote Sensing in Indonesia: Wallacea Case Study," *2022 8th International Conference on Information Management (ICIM)*, Cambridge, United Kingdom, 2022, pp. 110-115, doi: 10.1109/ICIM56520.2022.00027.
- Kojongkam, G.A., Rahim, S., Dunggio, I. 2022 The effect of regional fiscal capacity on climates change Action Budget Commitments. Volume 5 No 1 April tahun 2022. <https://doi.org/10.32662/golder.v5i1.1996>
- Lubis, A., Kemala, S.L., Bukhari, I. (2015). Pendugaan Erosi Actual Berdasarkan Metode USLE Melalui Pendekatan Vegetasi. Kemiringan lereng dan Erodibilitas di Hulu Sub DAS Padang. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 3(1) 160-167.
- Salote, M.K, Lihawa, F., Dunggio, I. (2022). Hubungan Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat Petani Terhadap Degradasi Lahan Di Das Alo Pohu Provinsi Gorontalo.

Jambura Geo Education Journal Vol. 3, No. 3 86-96. P-ISSN: 2721-7000 | E-ISSN: 2721-7019

Sirajuddin, Z., I. Dunggio. 2022. Dampak Covid19 terhadap Perubahan Struktur Mata Pencaharian Petani di Provinsi Gorontalo. Jurnal Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Garut. MAHATANI Vol. 5, No 2, Desember 2022. P-ISSN: 2622-2896 E-ISSN: 2721-513X. DOI: <http://dx.doi.org/10.52434/mja.v5i2.2044>

Supirin, (2001). Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. Andi Offset. Yogyakarta.