

## EFEKTIFITAS PEMBUATAN TANAMAN VEGETATIF DALAM MENANGGULANGI EROSI DAN SEDIMENTASI (Studi Kasus di Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto Provinsi Gorontalo).

*Effectiveness Of Vegetative Plants In Managing Erosion And Sedimentation  
(Case studi in Limboto Watershed Province of Gorontalo)*

**Iswan Dunggio<sup>\*1</sup>, Andi Chairil Ichsan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Magister Kependudukan dan Lingkungan Hidup-Universitas Negeri Gorontalo

<sup>2</sup>Jurusan Kehutanan-Fakultas Pertanian Universitas Mataram

\* Email: [iswan@ung.ac.id](mailto:iswan@ung.ac.id)

Diterima : 24/01/2022, Direvisi : 08/02/2022, Disetujui : 10/02/2022

### **ABSTRACT**

*Mostly, there are many factors that cause erosion as follow rainfall, construction and agricultural activities. All these factors refered to uncontrol human activities. The study used USLE method to determine erosion and sedimentation. To measure the effectiveness vegetative planting, we used spatial analysis. The result of spatial analysis show that around 8,58 ton/year of sediment in Limboto lake. The result sediment from Alo Sub-Watershed, Molamahu, Pulubala and Batulayar that contribute sediment around 3,8 million tons/year in Limboto watershed. In region of northern and southern sub watershed such as Pone, Marisa, Biyonga, Talumelito, Tulandengi, Pilolalenga, Payunga and Tabongo that contribute erosion dan sediment around 5,95 ton/year in Limboto lake, Topodu rivers and Tomini Bay. According erosion classification, Limboto watershed area is dominated very heavy erosion around 29,28%. To control erosion and sedimentation, the land should be restoration reaches 55,82% or 49.892 ha through re-vegetation around 18,30% or 16.362 and develop agroforestry system around 37,51% or 33.530 ha of total Limboto watershed area. The effectiveness of activities revegetation and develop agroforestry system is able to control erosion until 89.56%*

**Keywords:** Watershed; erosion; sedimentation; rehabilitation

### **ABSTRAK**

Secara umum terdapat banyak factor yang menyebabkan erosi seperti tingginya curah hujan, pembangunan konstruksi dan aktivitas pertanian. Semua faktor ini merujuk pada aktivitas manusia yang tidak terkendali. Penelitian menggunakan metode USLE untuk menentukan erosi dan sedimentasi sedangkan efektifitas pembuatan tanaman vegetative menggunakan analisis spasial. Hasil Analisis spasial menunjukkan bahwa sekitar 8,54 juta ton/tahun hasil sedimen masuk ke Danau Limboto. Hasil sedimen dari Sub DAS Alo, Molamahu dan Pulubala masuk ke cekungan limboto sebagai bagian dari Sub DAS Batulayar, sekitar 3,8 juta ton/tahun. Sub DAS bagian Utara yang berkontribusi sedimen ke

danau Limboto adalah Pone, Marisa, Biyonga, Talumelito dan Tuladenggi. Sedangkan dari Selatan adalah Pilolalenga, Payunga dan Tabongo. Mengendap di danau sekitar 5,95 juta ton/than dan sisanya melayang ke sungai Topudu dan bermuara di Teluk Tomini. Berdasarkan kelas erosi, wilayah DAS Limboto lebih di dominasi kondisi sangat berat (29,28 %). Untuk mengendalikan erosi dan sedimentasi maka lahan yang harus dipulihkan mencapai 55.82% atau seluas 49.892 ha yang terdiri dari arahan kegiatan vegetatif melalui reboisasi dan penghijauan seluas 16.362 ha atau sekitar 18,30% dan menggalakkan sistem agroforestry seluas 33.530 ha atau sekitar 37,51% dari total seluruh DAS Limboto. Efektivitas kegiatan pembuatan tanaman baik reboisasi, penghijauan dan agroforestry mampu mengendalikan erosi hingga 89,56%

**Kata kunci:** DAS; erosi; sedimentasi; reboisasi

## PENDAHULUAN

Pengendalian erosi dan sedimentasi merupakan komponen sangat penting dalam mengendalikan kerusakan di bagian hilir. Secara umum terdapat banyak factor yang menyebabkan erosi seperti tingginya curah hujan, pembangunan konstruksi dan aktivitas pertanian. Semua faktor ini merujuk pada aktivitas manusia yang tidak terkendali (Perez, *et al*, 2019; Kemp *et al*, 2020;). Dampak global dari erosi dan sedimentasi meliputi kesimbangan ekosistem terganggu, sedimentasi pada wilayah sungai dan waduk dan meningkatnya potensi emisi gas rumah kaca yang berdampak pada perubahan iklim (Owens 2020; Dunggio, 2020). Valentine (2018) menambahkan bahwa erosi tinggi dapat menyebabkan kehilangan unsur hara, menurunkan ketersediaan bahan organik pada beberapa lapisan tanah dan mengurangi ketersediaan air. Situasi ini menyebabkan tanah tidak bisa ditanami dan mengurangi produktivitas pertanian. Menurut laporan hasil riset yang dilakukan Eekhout dan Vente (2022), menjelang akhir abad 21, trend peningkatan laju erosi dan sedimentasi mengalami peningkatan terutama di wilayah-wilayah tropis yang berdampak pada menurunnya produktivitas pertanian.

Saat ini erosi telah menjadi ancaman terhadap lingkungan, Wang *et al*, (2019) melaporkan bahwa kurang lebih 25 juta ha lahan di dunia terancam oleh erosi. Disamping mengurangi produktivitas pertanian, erosi juga menyebabkan kerugian finansial yang mencapai 1,25 milyar euro/tahun di eropa dan secara global kerugian yang ditimbulkan mencapai 8 milyar dollar per tahun (Panagos *et al* 2018; Sulaeman and Thomas, 2020). Bahkan sector pertanian di Amerika Serikat kehilangan 44 milyar dollar akibat erosi, sedangkan wikayah Asia Selatan mengalami kerugian sebesar 10 milyar dollar (Sulaeman and Thomas, 2020). Salah satu kunci utama untuk mengelola dan mengurangi erosi adalah dengan melakukan rehabilitasi lahan baik di lahan pertanian atau di dalam kawasan hutan yang telah rusak. Studi yang Bhandari *et al* (2021) menunjukkan bahwa lahan tandus dan pertanian tampaknya lebih rentan terhadap erosi, sehingga investasi konservasi dan pengelolaan jangka panjang di daerah yang rentan untuk restorasi, perlindungan, dan dukungan sosial ekonomi berkontribusi signifikan terhadap rehabilitasi lahan di DAS.

Beberapa metode untuk menduga potensi erosi telah banyak dikemukakan oleh para ahli, salah satunya dengan menggunakan metode USLE (Yusuf *et al*, 2020; Lopez-Garcia *et al* 2020). Erosi tanah yang terjadi akibat penggundulan hutan mempunyai kontribusi positif terhadap meningkatnya ancaman perubahan iklim karena erosi secara langsung mengganggu proses-proses biogeokimia yang mempengaruhi naiknya intensitas curah hujan (Tan *et al*, 2020; Zhang *et al*, 2020). Meningkatnya curah hujan berdampak pada makin meningkatnya curah hujan sangat ekstrim yang berdampak pada makin meluasnya wilayah limpasan dan mendorong terjadinya erosi alur dan erosi parit (Eekhout, *et al*, 2018; Cahyono *et al* 2021).

Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup (KLHK, 2020), degradasi hutan dan lahan di Indonesia mencapai 460.000 ha/tahun. Kerusakan hutan dan lahan juga merupakan salah satu penyumbang erosi dan sedimentasi, salah satunya adalah di wilayah daerah aliran sungai (DAS) Limboto. Salah satu opsi yang dapat dipilih dan dapat diimplementasikan oleh masyarakat adalah model rehabilitasi vegetative. Penelitian bertujuan menentukan efektivitas pembuatan tanaman vegetative untuk mengurangi erosi dan sedimentasi di wilayah DAS Limboto Provinsi Gorontalo

## METODE

### Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan mulai dari bulan September s/d Nopember 2021 dan lokasi penelitian berada di wilayah DAS Limboto di Provinsi Gorontalo.

### Teknik pengumpulan data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian meliputi pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari data sifat fisik dan kimia tanah, sedangkan data sekunder meliputi citra tutupan lahan Tahun 2019, peta jenis tanah, dan data hujan harian, serta nilai erodibilitas tanah di DAS Limboto.

### Analisa data pendugaan erosi

Pendugaan kehilangan Lapisan Tanah Atas sebagai Erosi Permukaan (*Surface Erosion*) dan sedimentasi dapat dilakukan melalui penggunaan USLE (Alfizar, *et al*, 2018; Novitasari, 2019). USLE adalah model erosi yang dirancang untuk memprediksi rata-rata erosi tanah dalam jangka waktu 47indaka dari suatu areal usaha tani dengan 47indak pertanaman dan pengelolaan tertentu. Adapun persamaan USLE adalah sebagai berikut

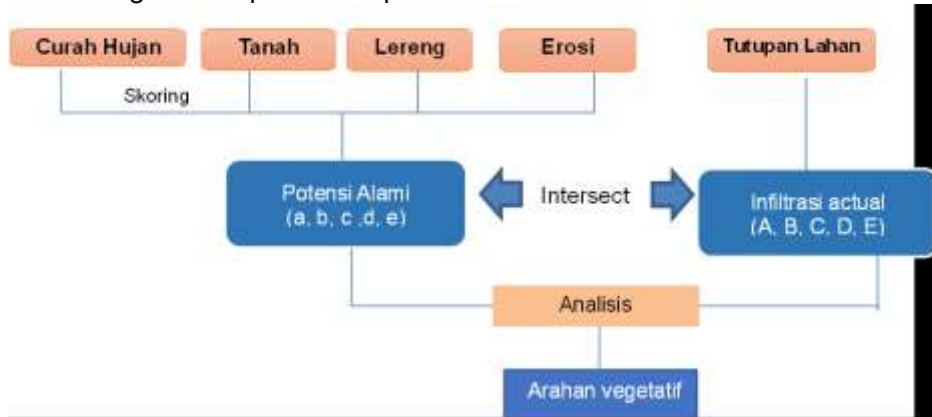
$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

- A = Banyaknya tanah tererosi dalam (ton/ha/tahun)
- R = Faktor curah hujan, yaitu jumlah satuan indeks erosi hujan, yang merupakan perkalian antara energi hujan total I dengan intensitas hujan maksimum 30 menit (I30),
- K = Faktor erodibilitas tanah, yaitu laju erosi per unit indeks erosi untuk suatu tanah yang diperoleh dari petak homogen percobaan standar, dengan 47indaka 72,6 kaki (22 m) terletak pada lereng 9 % tanpa tanaman;
- L = Faktor indakator lereng 9 %, yaitu nisbah erosi dari tanah dengan 47indaka lereng tertentu dan erosi dari tanah dengan 47indaka lereng 72,6 kaki (22 m) di bawah keadaan yang 47indaka;
- S = Faktor kecuraman lereng, yaitu nisbah antara besarnya erosi dari suatu tanah dengan kecuraman lereng tertentu, terhadap besarnya erosi dari tanah dengan lereng 9 % di bawah keadaan yang 47indaka,
- C = Faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman, yaitu nisbah antara besarnya erosi dari suatu areal dengan vegetasi penutup dan pengelolaan tanaman tertentu terhadap besarnya erosi dari tanah yang tanpa tanaman
- P = Faktor tindakan konservasi tanah, yaitu nisbah antara besarnya erosi dari tanah yang diberi perlakuan tindakan konservasi tanah seperti pengelolaan menurut kontur, penanaman dalam strip atau teras terhadap besarnya erosi dari tanah yang diolah searah lereng dalam keadaan yang tindakan.faktor manajemen lahan

Keenam indikator tersebut merupakan dasar persamaan USLE yang di dalam penelitian ini diintegrasikan ke dalam SIG. Dengan demikian, seluruh informasi penentu erosi tanah seperti data hujan, tanah, tutupan lahan, lereng, dan pengelolaan tindakan konservasi tanah disajikan dalam format raster.

### Analisis data arahan vegetative pengendalian erosi

Analisis data arahan vegetative untuk pengendalian erosi dan sedimentasi menggunakan mekanisme *overlay* beberapa peta dan dilakukan dengan meng-*overlay*-kan semua peta-peta yang berasal dari hasil analisis sebelumnya. Adapun diagram analisis penentuan arahan vegetatif dapat dilihat pada *flow chart* berikut ini

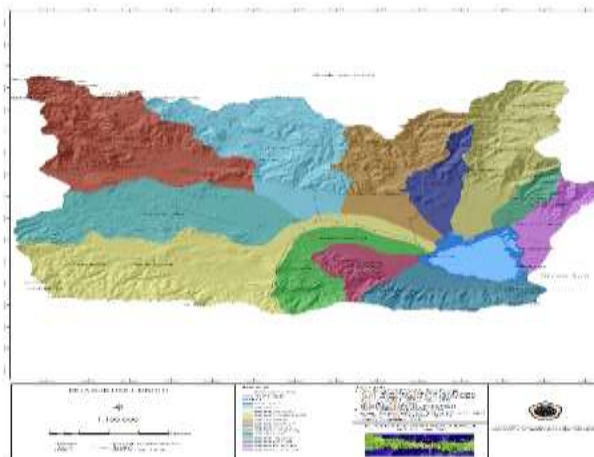


Gambar 1. Flowchart analisis efektivitas pembuatan vegetasi terhadap erosi  
 Figure 1. Flowchart analysis of effectiveness of vegetation planting to against erosion

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Deskripsi wilayah penelitian

DAS Limboto terletak di Propinsi Gorontalo. DAS Limboto terletak pada 122° 42' 0,24" – 123° 03' 1.17" BT dan 00° 30' 2,035" – 00° 47' 0,49" LU. Berdasarkan Permenhut No 16/Menhut-II/2014, tentang Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai, DAS Limboto dikategorikan sebagai salah satu DAS yang dipulihkan artinya DAS yang harus di rehabilitasi ekosistemnya di Indonesia



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian  
 Figure 2. Map of site research

## Efektifitas Pembuatan Tanaman Vegetatif... (Dunggio, dkk)

Ada dua wilayah administrasi pemerintah yang terdapat di dalam kawasan eksositem DAS Limboto, yaitu Kabupaten Gorontalo dan sebagai kecil kota Gorontalo. DAS ini memiliki luas ±89.386 Ha dan tersebar di 9 kecamatan dan 70 desa. Delapan kecamatan berada di Kabupaten Gorontalo, dan 1 kecamatan ada di Kota Gorontalo. DAS Limboto di sebelah Utara berbatasan dengan DAS Poso Atinggola, sebelah Selatan dengan DAS Batudaa-Bone Pantai, sebelah Barat dengan DAS Paguyaman, dan sebelah Timur dengan DAS Bolango. Rincian luas wilayah tiap kecamatan dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 1. Luas Wilayah DAS Limboto berdasarkan Batas Administrasi  
*Table 1. Totaly number area of Limboto Watershed according to sub district*

No.	Kabupaten/Kota Kecamatan	Luas	
		Ha	(%)
<b>A. Kabupaten Gorontalo</b>			
1	Batudaa	7.429	8,31
2	Bongomeme	19.041	21,30
3	Kwandang	2.825	3,16
4	Limboto Barat	7.357	8,23
5	Limboto Timur	10.084	11,28
6	Pulubala	17.065	19,09
7	Telaga	6.472	7,24
8	Tibawa	15.242	17,05
<b>B. Kota Gorontalo</b>			
1	Kota Barat	527	0,59
<b>C. Danau</b>			
		3.352	3,75
<b>Total</b>		<b>89.386</b>	<b>100</b>

Sumber (*Resources*): BPDASHL Bone Bolango Provinsi Gorontalo, 2021

### Curah hujan

Hasil analisa terhadap curah hujan menunjukkan Rata – rata hujan tahunan adalah 1.443,6 mm pada stasiun Jalaludin dan 1.546,4 mm pada stasiun Boidu/bendung Lomaya. Pada stasiun Boidu hujan tahunan maksimum 2.373 mm dan minimum 1.067 mm. Pada stasiun Jalaludin hujan tahunan maksimum adalah 1.843 mm dan minimum 858 mm. Berdasarkan data dari kedua stasiun ini maka rata-rata curah hujan tahunan dilokasi studi adalah 1.615 mm/tahun. Menurut Vu Dinh *et al* (2021), curah hujan merupakan salah satu factor kunci yang dapat mempengaruhi besaran volume erosi disamping factor lain seperti lereng, tutupan lahan, jenis tanah dan tindakan konservasi. Potensi erosi yang disebabkan oleh air hujan semakin besar jika terjadi di wilayah tropis seperti yang diungkapkan oleh Visser *et al* (2019)

### Erodibilitas

Erodibilitas tanah di pengaruhi oleh tekstur di mana,jika tekstur tanahnya semakin kasar berarti tanah tersebut makin peka atau akan tererosi dengan mudah hal ini terjadi karena semakin kasar tekstur tanah maka erodibilitas tanah (K) semakin besar nilainya. Sebaliknya jika dan juga nilai erodibilitas tanahnya semakin rendah. Berdasarkan hasil analisis spatial maka nilai erodibilitas tanah berdasarkan jenis tanah di DAS Limboto dapat di lihat pada table berikut:

Tabel 2 erodibilitas tanah di DAS Limboto

Table 2. Soil erodibility in Limboto Watershed

No	Jenis Tanah	Nilai K
1	Latosol coklat kemerahan dan litosol	0,43
2	Latosol kuning kemerahan dan litosol	0,36
3	Mediteran	0,46
4	Latosol kuning kemerahan dan gramosol	0,56
5	Alluvial	0,47
6	Regosol	0,40
7	Latosol	0,31
8	Ultisol merah kuning	0,32
9	Podzolic	0,16

Sumber (*Resources*): BPDASHL Bone Bolango 2021

Menurut Radziuk and Świtoniak (2021) menjelaskan factor erodibilitas K sering digunakan untuk mengukur secara kuantitatif kerentanan atau ketahanan suatu jenis tanah terhadap erosi dan pengaruhnya terhadap laju limpasan. Selanjutnya Zhang *et al* (2019) menemukan bahwa sifat-sifat fisik tanah juga sangat menentukan nilai K. Hasil table erodibilitas menunjukkan bahwa jenis tanah yang terdapat di DAS Limboto relative lebih tahan terhadap terjadinya erosi

### Tipe lereng dan panjang lereng (LS)

Lereng di DAS Limboto bervariasi mulai dari datar hingga sangat curam. Secara umum lereng di DAS Limboto mempunyai tipe datar dan agak curam. Wilayah yang curam dan sangat curam terdapat di wilayah utara dan selatan DAS Limboto, sedangkan wilayah sekitar Danau Limboto, wilayah pertanian dan pemukiman terletak di wilayah datar seperti yang terlihat dalam table berikut

Tabel 3. Tipe lereng dan panjang lereng di DAS Limboto

Table 3. Steepness factor and slope lenght

No	Tipe lereng	Luas	Panjang lereng
1	Datar	30.713	5
2	Landai	13.881	17
3	Agak curam	22.302	37
4	Curam	19.051	82
5	Sangat curam	3.439	76
Total		89.386	100

Sumber (*Resources*): hasil analisis spatial, (2022)

Hasil penelitian Sun, *et al* (2021) menunjukkan bahwa, erosi, sedimentasi dan volume limpasan akan sangat ditentukan oleh Panjang lereng, tipe lereng dan besarnya curah hujan. Lereng dengan potensi terjadinya erosi adalah lereng dengan kemiringan diatas 10<sup>0</sup>. Semakin besar Panjang lereng, semakin curam lahan dan semakin tinggi curah hujan, maka potensi terjadinya erosi semakin besar. Data spasial menunjukkan bahwa 65,64% atau 58.673 ha lahan di DAS Limboto berpotensi mengalami erosi

## Tutupan lahan

Data Tata guna lahan diperoleh dan diolah berdasarkan data shp peta RBI. Secara keseluruhan dapat terlihat penggunaan lahan di DAS Limboto terdiri atas pemukiman, sawah, perkebunan dan tegalan/ladang dan sebagian lagi masih merupakan hutan dan tanah kosong. Pemukiman dan sawah umumnya dijumpai di daerah tengah cekungan DAS Limboto yang menyebar cukup merata dibanding dengan perkebunan ataupun tegalan/ladang dan tanah kosong yang berada relatif di sekitaran punggung DAS Limboto serta hutan yang terletak di Utara dan Selatan DAS Limboto

Tabel 4. Kondisi tutupan lahan di DAS Limboto  
*Table 4. Land cover in Limboto Watershed.*

No	Tutupan Lahan	Luas
1	Hutan lahan kering sekunder	19.854
2	Pertanian lahan kering	25.242
3	Pertanian lahan kering campur semak	34.669
4	Perkebunan	149
5	Semak belukar	4.263
6	Belukar rawa	12
7	Sawah	188
8	Pemukiman	3.593
9	Tanah terbuka	1.416
Jumlah		89.386

Sumber (*Resources*): hasil analisis spasial 2022

Hasil penelitian Jin *et al.*, (2021) menemukan bahwa vegetasi tutupan dan kawasan berhutan dengan tindakan konservasi tanah memiliki pengaruh dominan dalam mengurangi erosi sebesar 11,9%. Namun, konversi lahan hutan dari bentuk penggunaan lahan lainnya, terutama lahan pertanian dapat meningkatkan laju erosi [Mehri dkk., 2018; Ouyang dkk., 2018; Naharuddin dkk. 2019]. Berdasarkan penjelasan ini maka kemampuan lahan DAS Limboto untuk menahan laju erosi berdasarkan tipe tutupan lahan hanya sebesar 22,21% atau seluas 19.854 ha

## Tindakan konservasi tanah

Tindakan konservasi merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk mengendalikan erosi dan sedimentasi di wilayah DAS. Data dari lapangan menunjukkan bahwa Tindakan konservasi tanah di wilayah DAS Limboto meliputi tindakan tanpa kegiatan pengendalian erosi sampai dengan pengelolaan lahan menurut garis kontur. Menurut Naharuddin *et al* (2021) bahwa kegiatan pengelolaan lahan dengan konservasi mampu mereduksi terjadinya erosi dan sedimentasi terutama pada lahan-lahan pertanian.

Hasil survey lapangan menunjukkan, beberapa lokasi di DAS Limboto telah melakukan kegiatan konservasi tanah dan air. Bentuk kegiatan konservasi tersebut antara lain, pembuatan teras bangku di hulu DAS Limboto melalui program usaha pengelolaan sumberdaya alam (UPSA) selama kurun waktu tahun 2019 sampai dengan 2021. UPSA merupakan kegiatan rehabilitasi yang memadukan teknik vegetatif dan sipil teknis dengan memperhatikan kemampuan dan kesesuaian lahan yang bersangkutan. Lokasi kegiatan pembangunan model UPSA berada di lahan kritis yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan bagi aktivitas budi daya terutama melalui pola agroforestry

Kebijakan program UPSA bukan merupakan program baru dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. Program UPSA pertama kali dicetuskan tahun 1980 dengan tujuan untuk lebih menggalakkan hutan rakyat untuk mendukung program swasembada pangan di pulau Jawa melalui instruksi Presiden no 8 tahun 1980 tentang bantuan penghijauan dan reboisasi tahun 1980-1981. Namun pengelolaan yang tidak efektif, program UPSA saat itu mengalami kegagalan

Tabel 5. Nilai Tindakan konservasi tanah (P)  
*Table 5. Soil conservation practices value (P)*

Macam penggunaan lahan	Nilai factor P
Tanpa tindakan pengendalian erosi	0,200
Teras bangku	0,350
Konstruksi baik	0,060
Konstruksi sedang	0,020
Konstruksi kurang baik	0,400
Teras tradisional	0,010
Strip tanaman	0,010
Rumput Bahia	0,060
Clotararia	0,010
Dengan kontur	0,110
Pengelolaan tanah dan penanaman menurut garis kontur	
Kemiringan 0-8 %	0,500
Kemiringan 8-20 %	0,750
Kemiringan > 20 %	0,900

Sumber (*Resources*): Hasil analisis, 2022

### Erosi tanah

Hasil Analisis spasial menunjukkan bahwa sekitar 8,54 juta ton/tahun hasil sedimen masuk ke Danau Limboto. Hasil sedimen dari Sub DAS Alo, Molamahu dan Pulubala masuk ke cekungan limboto sebagai bagian dari Sub DAS Batulayar, sekitar 3,8 juta ton/tahun. Sub DAS bagian Utara yang berkontribusi sedimen ke D. Limboto adalah Pone, Marisa, Biyonga, Talumelito dan Tuladenggi. Sedangkan dari Selatan adalah Pilolalenga, Payunga dan Tabongo. Mengendap di danau sekitar 5,95 juta ton/than dan sisanya melayang ke sungai Topudu dan bermuara di Teluk Tomini.

Tabel 6. Jumlah erosi dan sedimentasi berdasarkan wilayah administrasi  
*Table 6. Amount of both erosion and sedimentation according to sub disctrict*

NO	Kecamatan	Jumlah Erosi (Ton/Th)	Jumlah Sedimen (Ton/Th)
1	Batudaa	2.302.683	9.270
2	Batudaapantai	341.948	1.377
3	Bongomeme	3.502.325	14.099
4	Danau Limboto	213.392	859
5	Dungaliyo	2.673.247	10.762
6	Kota Barat	114.603	461
7	Kwandang	433.041	1.743
8	Limboto	1.569.982	6.320
9	Limboto Barat	1.842.361	7.417



*Efektifitas Pembuatan Tanaman Vegetatif... (Dunggio, dkk)*

10	Pulubala	4.355.245	17.533
11	Tabongo	2.319.845	9.339
12	Talagajaya	33.993	137
13	Telaga	94.056	379
14	Telagabiru	1.744.454	7.023
15	Tibawa	4.992.893	20.100
Total		26.534.069	106.818

Sumber (*Resources*): Data hasil analisis, 2021

**Arahan vegetative untuk pengendalian erosi dan sedimentasi**

Berdasarkan kelas erosi, wilayah DAS Limboto lebih di dominasi kondisi sangat berat (29,28 %). Daerah ini memiliki tingkat erosi lebih dari 480 ton/Ha/tahun. Paling banyak berada di Sub DAS Alo (4.513 Ha), Biyonga Bulota (4.215 Ha) dan Marisa (3.147 Ha). Sekitar 19,59 % lahan DAS Limboto termasuk kategori berat (erosi lahan 180 – 480 Ton/Ha/Tahun). Kategori ini paing banyak berasal dari Sub DAS Batulayar (4.032 Ha). Jika merujuk pada wilayah administrasi, maka penyumbang erosi dan sedimentasi terbesar berasal dari Kecamatan Tibawa sebesar 4.992.893 ton/tahun, sedangkan sedimentasi sebesar 20.100 ton/tahun. Total sedimentasi di seluruh wilayah administrasi di DAS Limboto adalah 26.534.069 ton/ha, sedangkan sedimentasi mencapai 106.818 ton/ha. Berdasarkan klasifikasi erosi, maka erosi tinggi berada pada kisaran antara 180-480 ton/ha (Palenga, *et al*, 2020; Raditya dan Arum, 2020)

Tabel 7. Lokasi pembuatan tanaman vegetatif setiap kecamatan di DAS Limboto

*Table 7. Vegetative plant location for each sub district in Limboto watershed*

NO	Kecamatan	Luas DAS (ha)	Luas Kegiatan Vegetatif (ha)	
			Vegetasi Tetap	Agroforestry
1	Batudaa	3.905	703	2.031
2	Batudaapantai	113	51	53
3	Bongomeme	14.431	3.319	5.772
4	Dungaliyo	5.108	1.073	2.248
5	Kota Barat	306	-	141
6	Kwandang	402	112	40
7	Limboto	7.245	507	2.753
8	Limboto Barat	9.591	3.453	2.398
9	Pulubala	16.749	1.842	6.532
10	Tabongo	4.126	4,1	1.527
11	Telaga	545	0,5	507
12	Telagabiru	8.551	12	3.934
13	Tibawa	15.541	5.284	5.595
Jumlah		89.386	16.362	33.530

Sumber (*Resources*): Data hasil olahan 2021

Tingginya kerusakan lahan akibat erosi tanah di DAS Limboto sebagaimana yang diungkapkan sebelumnya, telah memicu beberapa kejadian banjir dan tanah longsor di wilayah DAS Limboto. Kejadian banjir dan tanah longsor di DAS Limboto, terjadi setiap tahun dan

sangat mengganggu aktivitas masyarakat terutama aktivitas perekonomian. Menurut hasil penelitian Sulaeman and Thomas (2020) kerugian ekonomi akibat erosi di Pulau Jawa mencapai 2% dari total GDP sector pertanian. Studi lain di Kabupaten Sleman Yogyakarta menunjukkan bahwa erosi yang terjadi menyebabkan kenaikan biaya pengelolaan lahan pertanian sebesar 17%. Dampak erosi dan sedimentasi di Provinsi Gorontalo juga menunjukkan trend yang sama, salah satunya bisa dilihat dari produktivitas jagung yang hanya mencapai 4,5 ton/ha (BPS, 2021), padahal potensinya bisa mencapai 8 ton/ha. Berdasarkan kondisi ini maka kegiatan pemulihan harus segera dilakukan Kegiatan vegetatif dapat berupa penghijauan, reboisasi dan agroforestry (hutan rakyat). Kegiatan vegetasi tetap berupa reboisasi dikawasan hutan atau penghijauan dilakukan di luar kawasan hutan. Kegiatan agroforestry dapat dilakukan di luar kawasan hutan dan di dalam Kawasan hutan. Berdasarkan hasil analisis spatial, arahan kegiatan vegetatif di DAS Limboto untuk mengendalikan laju erosi dan sedimentasi seluas 16.362 ha atau sekitar 18,30% dari seluruh total DAS Limboto sedangkan arahan vegetasi melalui agroforestry mencapai 33.530 ha atau sekitar 37,51% dari total seluruh DAS Limboto. Sehingga total pemulihan lahan berbasis tanaman mencapai 55,82% atau seluas 49.892 ha. Wilayah pembangunan sistem Agroforestri terluas adalah Kecamatan Pulubala, Kecamatan Tibawa dan Kecamatan Bongomeme serta kecamatan Limboto Barat. Namun kegiatan rehabilitasi dan penghijauan berada di Kecamatan Bongomeme dan Limboto Barat. Adapun arahan vegtasi masing-masing

Menurut hasil penelitian Rahman *et al* (2020) system agroforestry berpotensi menurunkan laju erosi sekaligus meningkatkan produktivitas pertanian di hulu DAS Ciliwung. Sistem agroforestry diyakini oleh para peneliti dapat mengurangi kerusakan lahan terutama pada lahan-lahan marginal terutama pada lereng-lereng curam yang merupakan tipikal lereng di DAS Limboto. Selanjutnya Kraft *et al* (2021) mengemukakan system agroforestry dapat memperbaiki kondisi limpasan di wilayah DAS, dan mengurangi potensi terjadinya banjir bandang. *Agroforestry* adalah teknik pertanaman yang memadukan tanaman kayu yang berumur panjang dengan tanaman pertanian, peternakan atau perikanan. Idealnya *agroforestry* merupakan sistem pertanaman yang diharapkan dapat mendekati struktur hutan alam sehingga fungsi hutan tidak jauh berkurang. Dari Tabel 8 terlihat bahwa sistem vegetatif Di DAS Limboto mampu mengurangi erosi hingga 1.398.896 ton/tahun atau sekitar 86%.. Pada wilayah dengan tingkat erosi tinggi seperti Kecamatan Pulubala, Kecamatan Tibawa dan Kecamatan Bongomeme tingkat keberhasilan penanggulangan erosi berbasis vegetasi hampir 90%.

Tabel 8. Efektifitas Kegiatan Vegetatif dalam mengurangi Erosi disetiap kecamatan

*Table 8. The effectiveness vegetation planting to reduce erosion in sub district*

NO	Kecamatan	LUAS DAS (ha)	Luas Kegiatan Vegetatif		Jumlah Erosi Sebelum Keg. Vegetatif (Ton/Th)	Jumlah Erosi Pada Keg. Vegetatif (Ton/Th)	Efektivitas (%)
			Vegetasi Tetap	Agroforestry			
1	Batudaa	3905	703	2.031	777.096	79.528	89,77
2	Batudaapantai	113	51	53	15.408	2.364	84,66
3	Bongomeme	14.431	3.319	5.772	1.323.250	143.223	89,18
4	Dungaliyo	5.108	1.073	2.248	731.905	73.548	89,95
5	Kota Barat	306	-	141	31.353	3.549	88,68
6	Kwandang	402	112	40	38.691	2.792	92,78
7	Limboto	7.245	507	2.753	634.701	119.121	81,23
8	Limboto Barat	9.591	3.453	2.398	1.141.661	202.847	82,23
9	Pulubala	16.749	1.842	6.532	1.288.451	157.550	87,77

*Efektifitas Pembuatan Tanaman Vegetatif... (Dunggio, dkk)*

10	Tabongo	4.126	4,1	1.527	465.253	40.125	91,38
11	Telaga	545	0,5	507	10.667	2.289	78,55
12	Telagabiru	8.551	12	3.934	1.201.613	261.972	78,20
13	Tibawa	15.541	5.284	5.595	2.725.077	309.987	88,62
Jumlah		89.386	16.362	33.530	10.385.124	1.398.896	86,53

Sumber (*Resources*): data hasil olahan 2021

Hasil perhitungan analisis spasial menunjukkan penerapan sistem vegetatif (pembuatan tanaman dan agroforestry) juga sangat efektif menekan laju sedimentasi yang menjadi penyebab banjir di DAS Limboto. Efektivitas mitigasi berbasis vegetasi lebih tinggi mengendalikan sedimentasi dibandingkan dengan erosi. Efektivitas mitigasi berbasis vegetasi mencapai 89,56% atau hampir 90%. Jika kegiatan vegetatif dilakukan di Kecamatan Pulubala dan Kecamatan Tibawa maka sangat efektif menekan laju sedimentasi hingga diatas 90%. Adapun efektifitas kegiatan vegetasi (pembuatan tanaman dan agroforestry) dalam menekan laju sedimentasi terlihat pada table

Tabel 9 Efektifitas pembuatan tanaman vegetasi terhadap volume sedimentasi  
*Table 9. The effectiveness of vegetation planting on sedimentation volume*

NO	Kecamatan	Luas DAS (ha)	Luas Kegiatan Vegetatif (ha)		Sedimen Sebelum Keg. Vegetatif (Ton/Th)	Hasil Sedimen Setelah Kegiatan Vegetatif (Ton/Th)	Efektifitas (%)
			Vegetasi Tetap	Agroforestry			
1	Batudaa	3.905	703	2.031	3.128	120	96,16
2	Batudaapantai	113	51	53	62	10	84,66
3	Bongomeme	14.431	3.319	5.772	5.327	277	94,81
4	Dungaliyo	5.108	1.073	2.248	2.946	296	89,95
5	Kota Barat	306	-	141	126	14	88,68
6	Kwandang	402	112	40	156	11	92,78
7	Limboto	7.245	507	2.753	2.555	330	87,10
8	Limboto Barat	9.591	3.453	2.398	4.596	637	86,15
9	Pulubala	16.749	1.842	6.532	5.187	434	91,63
10	Tabongo	4.126	4,1	1.527	1.873	162	91,38
11	Telaga	545	0,5	507	43	9	78,55
12	Telagabiru	8.551	12	3.934	4.837	1.022	78,88
13	Tibawa	15.541	5.284	5.595	10.970	1.006	90,83
Jumlah		89.386	16.362	33.530	41.807	4.327	89,65

Sumber (*Resources*): data hasil olahan 2021

### KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil Analisis spasial menunjukan bahwa sekitar 8,54 juta ton/tahun hasil sedimen masuk ke Danau Limboto. Hasil sedimen dari Sub DAS Alo, Molamahu dan Pulubala masuk ke cekungan limboto sebagai bagian dari Sub DAS Batulayar, sekitar 3,8 juta ton/tahun. Sub DAS bagian Utara yang berkontribusi sedimen ke D. Limboto adalah Pone, Marisa, Biyonga,

Talumelito dan Tuladenggi. Sedangkan dari Selatan adalah Pilolalenga, Payunga dan Tabongo. Mengendap di danau sekitar 5,95 juta ton/than dan sisanya melayang ke sungai Topudu dan bermuara di Teluk Tomini. Berdasarkan kelas erosi, wilayah DAS Limboto lebih di dominasi kondisi sangat berat (29,28 %). Daerah ini memiliki tingkat erosi lebih dari 480 ton/Ha/tahun. Paling banyak berada di Sub DAS Alo (4.513 Ha), Biyonga Bulota (4.215 Ha) dan Marisa (3.147 Ha). Sekitar 19,59 % lahan DAS Limboto termasuk kategori berat (erosi lahan 180 – 480 Ton/Ha/Tahun). Kategori ini paling banyak berasal dari Sub DAS Batulayar (4.032 Ha). Untuk mengendalikan erosi dan sedimentasi maka lahan yang harus dipulihkan mencapai 55,82% atau seluas 49.892 ha yang terdiri dari arahan kegiatan vegetatif melalui reboisasi dan penghijauan seluas 16.362 ha atau sekitar 18,30% dan menggalakkan sistem agroforestry seluas 33.530 ha atau sekitar 37,51% dari total seluruh DAS Limboto. Efektivitas kegiatan pembuatan tanaman baik reboisasi, penghijauan dan agroforestry mampu mengendalikan erosi hingga mitigasi berbasis vegetasi mencapai 89,56%

### DAFTAR PUSTAKA

- Alfizar., Aprisal., Cornelius I.A., Tsugiyuki, M. 2018 Effect of soil erosion and topography on distribution of cadmium (Cd) in Sumani watershed, west Sumatra, Indonesia. MATEC Web of Conferences 229, 03001. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201822903001>
- Bhandari D., Joshi R., Regmi, R.R., Awasthi N. 2021. Assessment of Soil Erosion and Its Impact on Agricultural Productivity by Using the RMMF Model and Local Perception: A Case Study of Rangun Watershed of Mid-Hills, Nepal", *Applied and Environmental Soil Science*, vol. 2021, Article ID 5747138, 10 pages. <https://doi.org/10.1155/2021/5747138>
- [BPS] 2021. Gorontalo dalam angka. Badan Pusat Statistik Provinsi Gorontalo. BPS Provinsi Gorontalo
- [BPDASHL Bone Bolango]. 2021. Laporan hasil kinerja pengelolaan DAS di Provinsi Gorontalo. BPDASHL Bone Bolango. 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. DOI: <https://doi.org/10.32662/gjfr.v4i2.1698>
- Dunggio, I. 2020. Dampak perubahan iklim terhadap ekosistem daerah aliran sungai di Provinsi Gorontalo. Seminar Nasional Kependudukan dan Lingkungan Hidup Pascasarjana Universitas Negeri Gorontalo. E-ISBN : 978-602-51019-2-2
- Eekhout, J.P.C. J. de Vente. 2022. Global impact of climate change on soil erosion and potential for adaptation through soil conservation, *Earth-Science Reviews*, 2022, 103921, ISSN 0012-8252, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.103921> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012825222000058>)
- Eekhout, J.P.C. J.E. Hunink, W. Terink, J. de Vente. 2018. Why increased extreme precipitation under climate change negatively affects water security *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 22 (11) (2018), pp. 5935-5946 <https://doi.org/10.5194/hess-22-5935-2018>
- Jin, F., Yang, W., Fu, J., Li, Z. 2021. Effects of vegetation and climate on the changes of soil erosion in the Loess Plateau of China. *Science of The Total Environment*, 773, 145514.

- Kraft, P., Rezaei, EE., Breuer, L., Ewert, F., Große-Stoltenberg, A., Kleinebecker, T., Seserman, DM., Nendel, C. Modelling Agroforestry's Contributions to People—A Review of Available Models. *Agronomy* 2021, 11, 2106. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112106>
- Kemp, D.B., Sadler, P.M. & Vanacker, V. The human impact on North American erosion, sediment transfer, and storage in a geologic context. *Nat Commun* 11, 6012 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19744-3>
- [KLHK]. 2020. The state of Indonesia's environment 2020. Ministry of Environment and Forestry Republic of Indonesia (sumber: <https://www.menlhk.go.id/uploads/site/post/1627019845.pdf>, diakses tanggal 3 Januari 2022
- Naharuddin., Adam M., Ahyauddin A. 2021 Soil Loss Estimation for Conservation Planning in the Dolago Watershed Central Sulawesi, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering* 2021, 22(7), 242–251. <https://doi.org/10.12911/22998993/139120>
- Naharuddin, Wahid, A., Rukmi, Susti 2019. Erosion Hazard Assessment in Forest and Land Rehabilitation for Managing the Tambun Watershed in Sulawesi, Indonesia. *Journal of Chinese Soil and Water Conservation*, 50(3), 124–130
- Novitasari, Holilul R, Astarina A.A., Indarto. 2019. Aplikasi USLE dan GIS untuk prediksi laju erosi di wilayah DAS Brantas. *Jurnal Teknik Pertanian Universitas Lampung* Vol 8; 2. 76-85p. DOI:<http://dx.doi.org/10.23960/jtep-l.v8.i2.76-85>
- Mehri, A., Salmanmahiny, A., Tabrizi, A. R. M., Mirkarimi, S. H., Sadoddin, A. 2018. Investigation of likely effects of land use planning on reduction of soil erosion rate in river basins: Case study of the Gharesoo River Basin. *Catena*, 167, 116–129
- Ouyang, W., Wu, Y., Hao, Z., Zhang, Q., Bu, Q., Gao, X. 2018. Combined impacts of land use and soil property changes on soil erosion in a mollisol area under long-term agricultural development. *Science of the total environment*, 613, 798–809.
- Owens, P.N. Soil erosion and sediment dynamics in the Anthropocene: a review of human impacts during a period of rapid global environmental change. *J Soils Sediments* 20, 4115–4143 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02815-9>
- Paleng, MFR., Judi KN., Jusuf JSP. 2020. Prediksi erosi di daerah aliran sungai dan sedimentasi pada bendungan Temef. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. IX, No. 2, September 2020
- [Panagos P.](#), [Gabriele S.](#), [Pasquale B.](#), [Emanuele L.](#), [Luca M.](#), [Francesco B.](#) 2018. Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union: From direct cost evaluation approaches to the use of macroeconomic models [Volume29, Issue3](#) 471-484 p. <https://doi.org/10.1002/ldr.2879><https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ldr.2879>
- Perez, M.A., Wesley C.Z., Wesley N.D., Rod T., Barry G.F. 2019. Transferring innovative erosion and sediment control research results into industry practice. [Water](#) 11(12):2549. DOI:[10.3390/w11122549](https://doi.org/10.3390/w11122549).[https://www.researchgate.net/publication/337718332\\_Transferring\\_Innovative\\_Erosion\\_and\\_Sediment\\_Control\\_Research\\_Results\\_into\\_Industry\\_Practice](https://www.researchgate.net/publication/337718332_Transferring_Innovative_Erosion_and_Sediment_Control_Research_Results_into_Industry_Practice)
- Radziuk H., Świtoniak, M. 2021. Soil erodibility factor (K) in soils under varying stages of truncation. *Soil science annual* 2021, 72(1), 134621 <https://doi.org/10.37501/soilsa/134621>
- Raditya FT., Arum AS. 2020. Implementasi model spasial erosi lahan di kecamatan Pagentan kabupaten Banjarnegara. *Jurnal Ilmiah Media Agrosains* Vol. 6 No. 1, Juni 2020 : 20-26

- Rahman LP., Yayat H., Tarigan SD., Santun RPS. 2020. The effect of agroforestry system on reducing soil erosion in upstream Ciliwung watershed. September 2020 [IOP Conference Series Earth and Environmental Science](#) 556(1):012010 DOI:[10.1088/1755-1315/556/1/012010](#)
- Sulaeman, D., Thomas W. 2020. The Causes and Effects of Soil Erosion, and How to Prevent It. WRI-Indonesia. <https://wri-indonesia.org/en/blog/causes-and-effects-soil-erosion-and-how-prevent-it> (Diakses, 3 January 2022)
- Sun C., Hou H., Chen W. 2021. [Effects of vegetation cover and slope on soil erosion in the Eastern Chinese Loess Plateau under different rainfall regimes](#). PeerJ. 2021; 9: e11226. Published online 2021 Apr 12. doi:10.7717/peerj.11226
- Tan, Z., L.R. Leung, H. Li, T. Tesfa, Q. Zhu, M. Huang A substantial role of soil erosion in the land carbon sink and its future changes Glob. Chang. Biol., 26 (4) (2020), pp. 2642-2655 <https://doi.org/10.1111/gcb.14982>
- Zhang, H., R. Lauerwald, P. Regnier, P. Ciais, W. Yuan, V. Naipal, B. Guenet, K. Van Oost, M. Camino-Serrano Simulating erosion-induced soil and carbon delivery from uplands to rivers in a global land surface model J. Adv. Model. Earth Syst., 12 (11) (2020), pp. 1-24 <https://doi.org/10.1029/2020MS002121>
- Zhang, K., Yu, Y., Dong, J., Yang, Q., Xu, X., 2019. Adapting & testing use of USLE K factor for agricultural soils in China. Agriculture, Ecosystems and Environment 269, 148–155. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.09.033>
- Valentine, C. 2018. Soils as a Key Component of the Critical Zone 5: Degradation and Rehabilitation. Published by ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc. [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers21-02/010075054.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers21-02/010075054.pdf)
- Visser S., Keesstra S., Maas G., and Cleen M.D. 2019. Soil as a basis to create enabling conditions for transitions towards sustainable land management as a key to achieve the SDGs by 2030," *Sustainability*, vol. 11, no. 23, p. 6792
- Vu Dinh T., Nguyen H., Linh Tran X., Duc Hoang N. 2021. Predicting Rainfall-Induced Soil Erosion Based on a Hybridization of Adaptive Differential Evolution and Support Vector Machine Classification", *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2021, Article ID 6647829, 20 pages, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6647829>
- Wang H, Zhang G, Li N, Zhang B, Yang H. 2019. Variation in soil erodibility under five typical land uses in a small watershed on the Loess Plateau, China. *Catena*. 2019;174:24–35. doi:10.1016/j.catena.2018.11.003
- Yusuf SM, Murtiaksono K, Laraswati DM. 2020. Pemetaan sebaran erosi tanah prediksi melalui integrasi model USLE ke dalam Sistem Informasi Geografi. *JPSL* 10 (4): 594-606. <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.10.4.594-606>