

PREDIKSI EROSI DAN ARAHAN PENGGUNAAN LAHAN DAS NANGAGALI PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT

EROSION PREDICTION AND LAND USE DIRECTIONS IN THE NANGAGALI WATERSHED PROVINCE OF WEST NUSA TENGGARA

Endah Herlina^{1*}, Suwardji¹, Mulyati¹

¹Program Pascasarjana Pengelolaan Sumberdaya Lahan Kering, Universitas Mataram, Indonesia

*Email penulis korespondensi: endah.herlina.eh@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis prediksi erosi, menyusun rencana penggunaan lahan dan konservasi tanah di DAS Nangagali, khususnya pada lahan yang memiliki erosi aktualnya (A) lebih besar dari pada erosi yang dapat ditoleransi (T). Metode yang digunakan untuk melakukan prediksi erosi dalam penelitian ini adalah metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE) dan ETol yang digunakan untuk menentukan nilai ambang batas erosi menggunakan metode Wood dan Dent 1983. Hasil penelitian menunjukkan sebaran erosi dengan kategori sedang dominan seluas 9.829,29 ha (50,55%) yang tersebar di bagian tengah DAS, sedangkan satuan lahan dengan indeks bahaya erosi sedang hingga sangat tinggi total seluas 13.431,59 ha (69%). Lahan-lahan yang memiliki indeks bahaya erosi sedang dapat digunakan untuk pengembangan pertanian lahan kering khususnya untuk budidaya tanaman jagung (*Zea mays*), namun harus disertai dengan penerapan praktek-praktek konservasi tanah dan air (KTA) secara intensif. Perumusan agroteknologi dalam pengelolaan dan penggunaan lahan, serta inovasi teknologi konservasi tanah yang tepat pada masing-masing satuan lahan mutlak diperlukan guna mengendalikan laju erosi dan menjamin kelestarian DAS Nangagali.

Kata-Kata Kunci: erosi; DAS; indeks bahaya erosi; agroteknologi; konservasi tanah.

Abstract

The aim of this research is to analyze erosion predictions, develop land use plans and soil conservation in the Nangagali watershed, especially on land that has actual erosion (A) greater than tolerable erosion (T). The method used to predict erosion in this research is the method *Universal Soil Loss Equation* (USLE) and ETol is used to determine erosion threshold values using the Wood and Dent 1983 method. The research results show that the distribution of erosion in the medium dominant category is 9,829.29 ha (50.55%) spread across the middle of the watershed, while the land units with a moderate to very high erosion hazard index total 13,431.59 ha (69%). Land that has a moderate erosion hazard index can be used for the development of dry land agriculture, especially for the cultivation of corn (*Zea mays*), but this must be accompanied by the implementation of intensive soil and water conservation (KTA) practices. The formulation of agrotechnology in land management and use as well as innovation in appropriate soil conservation technology for each land unit is absolutely necessary to control the rate of erosion and ensure the sustainability of the Nangagali watershed.

Keywords: : erosion; DAS; erosion hazard index; agrotechnology; soil conservation

PENDAHULUAN

Rusaknya daerah aliran sungai (DAS) seringkali didahului oleh rusaknya hutan yang disebabkan oleh alih fungsi menjadi kawasan pemukiman, peternakan/perkebunan, terutama cara bercocok tanam yang mengabaikan teknik pengawetan tanah dan air. Salah penanganan dan penguasaan lahan yang tidak memperhitungkan kemampuan dan daya dukung lahan telah mengakibatkan kerusakan daerah tangkapan air, yang dibuktikan dengan erosi tanah yang cukup besar, akumulasi sedimen di sungai, variasi aliran sungai (banjir pada musim hujan, kekeringan pada musim kemarau), dan berkurangnya kesuburan tanah. Faktor utama yang menyebabkan kerusakan DAS adalah: (1) penipisan/penurunan tutupan flora/hutan lestari di bagian hulu, (2) pemanfaatan lahan yang tidak sesuai dengan kapasitasnya, dan (3) penerapan teknik tata kelola lahan/tata kelola DAS yang tidak memenuhi kriteria esensial (Harjianto et al., 2015).

Ancaman terhadap kelestarian daya dukung DAS Nangagali disebabkan karena meningkatnya ancaman terjadinya degradasi dan transformasi hutan. Bentuk dan model kerusakan yang terjadi sangat bervariasi, dimulai dengan: (1) penurunan kerapatan tanaman; (2) perubahan jenis tutupan lahan vegetasi (tipe tutupan lahan) dan (3) impermeabilitas, khususnya perubahan lahan budidaya menjadi lahan pemukiman dengan permukaan non-permeabel (lahan non budidaya yang kedap air) dan (4) transformasi klasifikasi lahan hutan menjadi bukan hutan. Selain itu, menurut Peta Tutupan Lahan tahun 2020 yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, penggunaan lahan yang dominan di DAS Nangagali adalah kombinasi dari pertanian yang beragam dan pertanian kering, yang mencakup hamparan luas 11.849 hektar (setara dengan 60,94% dari total luas). Pertanian lahan basah, khususnya sawah, menyumbang tambahan 3.714 hektar (19,09%). Sebaliknya, kawasan hutan hanya mencakup 7,57% dari seluruh DAS, setara dengan 1.472 hektar.

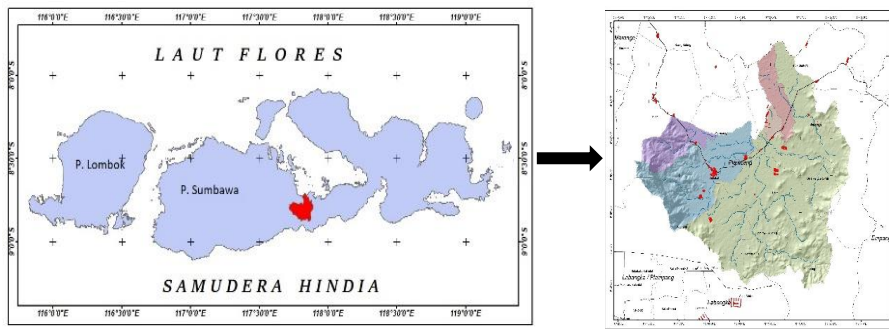
Berdasarkan Peta Penggunaan Lahan Badan Planologi Kehutanan tahun 2020 area kawasan hutan yang penggunaannya tidak sesuai fungsinya seluas 3.171,51 Ha atau 74,04 % dari total luas kawasan hutan 4.283,76 Ha. Pertanian tadah hujan adalah usaha yang cukup umum dilakukan oleh penduduk di kawasan hutan DAS Nangagali, yang membentang seluas 2.600 Ha, 1.900 Ha di antaranya dilakukan di dalam Kawasan hutan lindung. Usaha tani jagung adalah usaha tani yang paling dominan di DAS Nangagali. Sistem usaha tani jagung ini diusahakan masyarakat dengan cara yang masih tradisional dan subsistem dengan teknologi yang sederhana. Pengolahan lahan masih dilakukan dengan orientasi utama pada produksi, ini terlihat jelas dilapangan bahwa rata-rata petani menerapkan pengolahan lahan secara maksimum (*maximum tillage*). Petani melakukan pengolahan tanah dengan membersihkan, membakar, atau menghilangkan sisa-sisa tanaman atau vegetasi yang tidak diinginkan dan bagian bawah tanahnya dari ruang tanam yang ditentukan, serta mengolah tanah (mencangkul) beberapa kali sebelum penanaman, semuanya mengabaikan untuk memasukkan metode konservasi tanah di petak pertanian mereka.

Harjianto et al., (2015), pertanian jagung yang tidak diiringi dengan penerapan praktek konservasi tanah dan dilakukan pada lahan-lahan yang memiliki kemiringan diatas 10 % berdampak signifikan terhadap timbulnya erosi pada lahan pertanian dan menyebabkan terjadinya degradasi lahan berupa penurunan kualitas lahan pertanian. Kerusakan tanah yang disebabkan oleh erosi menyebabkan penurunan produktivitas lahan, penipisan nutrisi penting tanaman, penurunan kualitas tanaman, penurunan tingkat penyerapan air, penurunan kapasitas tanah untuk menahan air, dan komposisi tanah yang terganggu. Untuk mewujudkan kondisi yang langgeng pada suatu DAS, perlu dilakukan upaya pengelolaan DAS secara menyeluruh dan berkesinambungan. Upaya ini harus bertujuan untuk menggabungkan tujuan konservasi tanah dan air dengan tujuan peningkatan produksi pertanian. Pengelolaan dan pengembangan DAS yang berkelanjutan dapat dicapai dengan menentukan secara efektif bagaimana lahan digunakan di dalam DAS. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengevaluasi dan mengatur pola penggunaan lahan berdasarkan kapasitas DAS (Ayalew & Yilak, 2014). Tujuan penelitian ini adalah mengkaji prediksi erosi dan menyusun rencana penggunaan lahan dan konservasi tanah di DAS Nangagali pada saat erosi aktual (A) lebih tinggi dari erosi yang dapat ditolerir (T).

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di DAS Nangagali yang terletak pada 117°42'00" – 117°54'00" Bujur Timur dan 8°42'00" - 8°52'30" Lintang Selatan. Secara geografis DAS Nagagali berada di Kabupaten Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian DAS Nangagali

Alat dan Pengumpulan Data

Sumber daya yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peta kontur, peta komposisi tanah, dan peta pemanfaatan lahan, catatan curah hujan (selama dekade terakhir), spesimen tanah, dan bahan untuk penelitian tanah laboratorium.

Metode

Erosi pada setiap satuan lahan pengamatan terpilih dihitung dengan menggunakan model Universal Soil Loss Equation (USLE). Informasi ini digunakan untuk memastikan agroteknologi konservasi (langkah-langkah) dan orientasi penggunaan lahan di dalam DAS. Persamaan USLE:

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

Keterangan:

- A : Kuantitas tanah yang tererosi (ton per hektar per tahun).
- R : Faktor indeks (erosivitas) hujan
- K : Faktor erodibilitas tanah
- L : Faktor panjang lereng
- S : Faktor kecuraman lereng
- C : Faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman
- P : Faktor tindakan-tindakan khusus konservasi tanah

Faktor Erosivitas Hujan (R)

Erosivitas hujan mengacu pada besaran satuan indeks erosi hujan, yang ditentukan dengan mengalikan energi hujan total (E) dengan intensitas curah hujan tertinggi dalam periode 30 menit (I_{30}) setiap tahun. EI_{30} berfungsi sebagai indeks erosi hujan, karena berkorelasi erat dengan besarnya erosi tanah melalui perkalian energi hujan (E) dengan intensitas maksimum selama interval 30 menit (I_{30}). Energi Kinetik Hujan, seperti yang dihitung dalam USLE, dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan: $E = 210 + 89 \log I$.

Faktor erosi hujan (R) adalah penjumlahan dari nilai indeks erosi hujan bulanan dan ditentukan dengan rumus:

$$R = \sum_{i=1}^{12} (EI_{30})_i$$

Keterangan:

$$EI_{30} = 6.119 + (\text{Rain})^{1.21} (\text{Days})^{0.47} (\text{Maxp})^{0.53}$$

Keterangan:

EI_{30}	=	rata-rata erosivitas hujan bulanan
Rain	=	rata-rata hujan bulanan (cm)
Days	=	rata-rata jumlah hari hujan per bulan
Maxp	=	rata-rata maksimum hujan dalam 24 jam setiap bulan

Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Kerentanan tanah terhadap erosi, khususnya laju terjadinya erosi berdasarkan indeks erosi hujan tertentu, diukur pada petak-petak kecil standar dengan panjang 22 meter dan terletak pada kemiringan 9% tanpa vegetasi apapun. Tingkat terjadinya erosi tanah sangat dipengaruhi oleh tekstur, jumlah bahan organik, kemampuan menyerap air, dan stabilitas struktur tanah secara keseluruhan.

$$100K = \{1,292 (2,1 M^{1,44} (10^{-4})(12 - a) + 3,25 (b-2) + 2,5 (c-3))\}$$

Keterangan:

K	=	erodibilitas tanah
M	=	kelas tekstur tanah (% pasir halus + % debu) (100 - % liat)
a	=	% bahan organik
b	=	kode struktur tanah
c	=	kode permeabilitas profil tanah

Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Faktor panjang lereng (L) dan kemiringan lereng (S) dihitung dengan menggunakan rumus (Wischmeier dan Smith 1978):

$$LS = \sqrt{X(0,0138 + 0,00965S + 0,00138S^2)} \quad (4)$$

Keterangan:

X = panjang lereng (m) dan S = kecuraman lereng (%)

Faktor tanaman dan pengelolaannya (C)

Penentuan faktor C untuk berbagai jenis tanaman seperti tumpangsari, sutera, dan lainnya bergantung pada berbagai penyelidikan yang telah dilakukan sebelumnya.

Faktor tindakan konservasi (P)

Faktor tindakan konservasi juga ditetapkan berdasarkan berbagai penelitian sebelumnya.

Erosi yang dapat ditoleransikan,

Erosi yang diijinkan dihitung dengan menggunakan rumus yang disarankan oleh (Wood & Dent, 1983) yang mempertimbangkan kedalaman tanah terendah, laju pembentukan tanah, kedalaman sebanding, dan umur sumber daya. Rumusnya dapat dinyatakan sebagai:

$$E_{\text{tol}} = \frac{D_e - D_{\text{min}}}{UGT} + LPT$$

Keterangan:

- D_e = kedalaman ekuivalen (Arsyad, 2010)
 = kedalaman efektif tanah (mm) x faktor kedalaman tanah
 D_{min} = kedalaman tanah minimum (mm)

Arahan Penggunaan Lahan DAS Nangagali

Arahan penggunaan lahan di DAS Nangagali dilaksanakan secara spasial dengan cara overlay peta prediksi erosi dan peta indikasi tingkat erosi yang dapat ditoleransi untuk masing-masing jenis tanah. Jika nilai prediksi erosi untuk suatu unit tanah lebih tinggi dari toleransi erosi ($A > T$), maka arahan penggunaan lahan di unit lahan tersebut perlu diterapkan agroteknologi penggunaan lahan yang diiringi dengan penerapan konservasi tanah untuk mengurangi erosi lahan dan mencapai kelestarian DAS Nangagali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Satuan Lahan Pengamatan Intensif DAS Nangagali

Pemanfaatan lahan di DAS Nangagali meliputi pertanian seluas 11.751,15 ha (60,49%), hutan tanaman seluas 1.460,07 ha (7,52%), rawa seluas 4.436,85 ha (22,85%), semak belukar seluas 1.237,83 ha (6,37%), 540,97 Ha (2,78%) penggunaan lahannya berupa pemukiman, savana dan tanah terbuka. Wilayah DAS Nangagali sebagian besar ditempati oleh kategori tanah Haplustalfs (8922,82 ha atau 30,46%). Berdasarkan konvergensi peta kategori tanah, peta kemiringan, dan peta pemanfaatan lahan, terdapat 45 bidang tanah di DAS Nangagali. Selain itu, penekanan utama studi penelitian ini adalah pada 35 bidang tanah, sedangkan 10 bidang tanah dikeluarkan dari analisis karena klasifikasinya sebagai daerah yang mengandung sawah dan vegetasi rawa (SL: 2; 13; 16; 30; 35; 36; 37; 39; 42 dan 43) yang dilestarikan untuk perannya sebagai cadangan nasional untuk produksi pangan dan konservasi air di DAS Nangagali.

Faktor Erosivitas Hujan

Curah hujan adalah elemen atmosfer yang memiliki dampak terbesar terhadap erosi. Faktor hujan yang berpengaruh meliputi jumlah, intensitas, dan distribusi curah hujan. Faktor tersebut akan menentukan daya limpasan dan degradasi lahan akibat erosi, tetapi hubungan terkuat dengan erosi adalah hasil dari energi presipitasi keseluruhan dan intensitas presipitasi tertinggi dalam periode 30 menit (EI_{30}). Erosi curah hujan merupakan faktor utama yang menyebabkan pelepasan dan pergerakan partikel tanah ke elevasi yang lebih rendah (Asdak, 2007).

Hasil pemeriksaan catatan curah hujan harian selama kurun waktu 10 tahun (2012-2022) menunjukkan sifat erosi curah hujan di DAS Nangagali adalah 637,78. Potensi terjadinya erosi berat di DAS Nangagali terjadi dari bulan November sampai maret, hal ini karena indeks erosi hujan (EI_{30}) pada bulan november hingga maret lebih tinggi dibandingkan bulan lainnya. Curah hujan yang tinggi akan membuat energi yang dihasilkan hujan semakin besar untuk memercikkan dan mengangkut partikel tanah. Kombinasi curah hujan yang melimpah, ditambah dengan curah hujan yang kuat dan berkepanjangan, bersama dengan ukuran tetesan hujan yang meningkat, akan menghasilkan daya yang paling besar, terutama ketika energi kinetik mencapai maksimum. Dengan demikian, daya hujan untuk merusak

agregat tanah akan meningkat. Sebaran indeks erosi hujan (EI30) dapat dijadikan pedoman dalam menentukan waktu penanaman guna mereduksi daya rusak hujan terhadap tanah.

Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Berdasarkan peta Proyek Perencanaan Fisik Daerah untuk Transmigrasi sebaran jenis tanah di DAS Nangagali menurut klasifikasi FAO-UNESCO meliputi: a) dystropepts, b) haplustalfs, c) pellusterts, d) sulfaquents, e) ustropepts. Penentuan faktor K atau erodibilitas tanah dilakukan untuk setiap satuan lahan karena memiliki ciri biofisik yang khas yang mempengaruhi erodibilitas tanah. Erodibilitas tanah dipengaruhi oleh bahan organik, porositas tanah, kemiringan, dan vegetasi lahan (Arsyad, 2010).

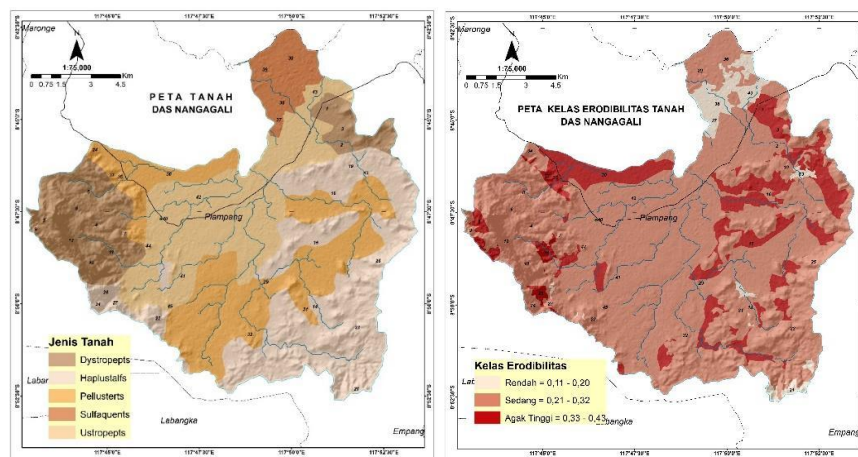
Indeks erodibilitas tanah menggambarkan kemampuan tanah untuk menahan erosi dan pergerakan partikel tanah akibat kekuatan curah hujan. Gambar 2 dan Tabel 1 menunjukkan klasifikasi indeks erodibilitas tanah untuk setiap satuan lahan di DAS Nangagali.

Tabel 1. Klasifikasi Sebaran Indek Erodibilitas Tanah di DAS Nangagali

Erodibilitas		Satuan	Luas	
Nilai	Kelas	Lahan	Ha	%
0,11-0,20	Rendah	21.; 28; 28	528,24	3,53
0,21-0,32	sedang	4; 6; 7; 8; 9; 10; 12; 14; 17; 18; 19; 20; 22; 23; 24; 25; 27; 29; 31; 32; 34; 40; 41; 44; 45	12.154;95	81;25
0;33-0;43	Agak Tinggi	1;3;5;1;.;15; 26; 33	2.276;03	15;21
Total Luas			14.059;22	100

Sumber: data primer

Nilai erodibilitas tanah terendah di DAS Nangagali adalah 0,187 dan tertinggi 0,39. Klasifikasi indeks erodibilitas tanah di lokasi penelitian terutama dicirikan oleh kategori erodibilitas sedang dengan luas total 12.154,95 hektar (81,25%). Faktor erodibilitas menunjukkan kapasitas tanah untuk menahan erosi, dengan faktor erodibilitas yang tinggi menunjukkan tingkat erosi tanah yang tinggi. Tabel 3 menggambarkan bahwa sebagian besar wilayah DAS Nangagali memerlukan pengelolaan baik konservasi tanah maupun pengolahan tanah yang memadai bahkan pada wilayah dengan kelas erodibilitas sedang dan tinggi.



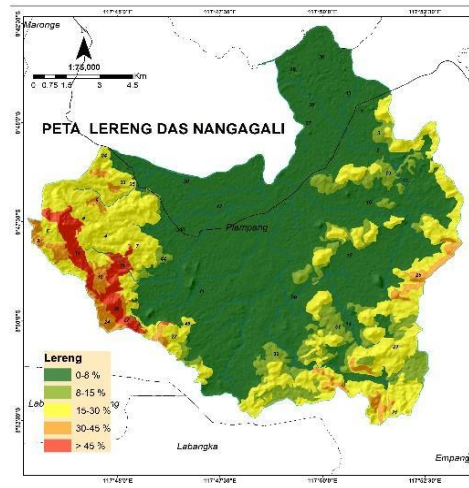
Gambar 2. Peta tanah dan Peta Erodibilitas tanah DAS Nangagali

Faktor Topografi

Lereng merupakan karakter topografi yang berperan penting dalam proses erosi. Unsur lain yang mempengaruhi erosi tanah adalah faktor kemiringan. Menurut (Arsyad, 2010), faktor

kemiringan (kemiringan dan panjang kemiringan) merupakan dua karakteristik topografi yang paling besar pengaruhnya terhadap limpasan dan erosi. Semakin curam tanjakan, semakin tinggi jumlah partikel tanah yang terlempar oleh tumbukan air hujan. Hal ini diakibatkan oleh gaya gravitasi yang sangat kuat, dimana semakin curam suatu tanjakan, semakin besar potensi erosi lapisan tanah paling atas (Arsyad, 2010; Banuwa et al., 2008; Jijun et al., 2010).

Pada Gambar 3 terlihat bahwa distribusi kelas lereng di DAS Nagagali di dominasi kelas lereng 0-8 % dengan luas 11.754,05 ha (60,45%), diikuti dengan kelas lereng 15-30% seluas 4.652 Ha (23,93%). Nilai faktor LS (Length and Slope) di DAS Nangagali berkisar antara 0,68 – 11,23. Distribusi nilai LS di hulu DAS berkisar antara 4,47 – 11,23 seluas 3.446,98 ha (17,78%), Sensivitas erosi di lokasi ini lebih besar dibandingkan di lokasi lain di DAS Nangagali.



Gambar 3. Peta Lereng DAS Nangagali

Faktor Tanaman (C) dan Konservasi Tanah (P)

Hasil ground check lapangan menunjukkan bahwa tindakan konservasi tanah belum diterapkan di DAS Nangagali. Sistem pertanian lahan kering yang berkembang di DAS ini pada dasarnya dibedakan menjadi dua yaitu sistem pertanian dengan kerapatan sedang (nilai C=0,3) dan Jarang (nilai C=0,7), sebaran nilai faktor tanaman (C) dan konservasi tanah (P) untuk setiap jenis penggunaan lahan disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 4.

Tabel 2. Sebaran Nilai C dan P di DAS Nangagali

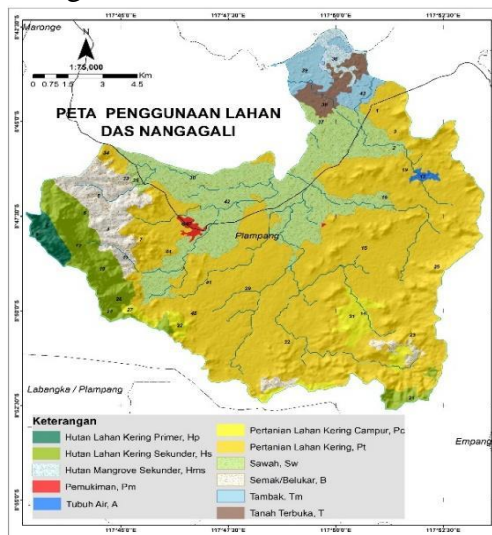
Penggunaan Lahan	Nilai		Unit Lahan
	C	P	
Hutan Primer	0,003	1	5;9
Hutan Sekunder	0,005	1	6;10;12;21;24;26
Pemukiman	0,6	1	40
Pertanian lahan Kering			
-Kerapatan Sedang	0,3	1	3;19;32;44
-Kerapatan Jarang	0,7	1	1;7;15;23;29;34;41;45
Pertanian Lahan Kering Campur	0,3	1	14;18;22;27;28;31
Semak belukar	0,1	1	4;8;11;17;20;33
Tanah Terbuka	1	1	38

Sumber: data primer

Ket: P = Nilai faktor Konservasi Tanah ; C = Nilai faktor Tanaman

Nilai CP yang disajikan pada Tabel 2 menggambarkan bahwa pada masing-masing penggunaan lahan di DAS Nangagali memiliki laju erosi yang berbeda-beda (Arsyad, 2010),

menegaskan bahwa pengaruh tumbuhan terhadap limpasan permukaan adalah melalui intersepsi air hujan yang menurunkan kecepatan dan daya rusak limpasan permukaan. Selain itu, tanaman memiliki pengaruh terhadap limpasan permukaan melalui akarnya, keberadaan bahan organik dari sisa-sisa tanaman di permukaan tanah, proses biologis yang terkait dengan pertumbuhan tanaman dan dampaknya terhadap stabilitas porositas tanah, dan transpirasi, yang menyebabkan penurunan kandungan air tanah.



Gambar 4. Peta Penggunaan Lahan DAS Nangagali

Setiap varietas vegetasi memiliki kapasitas untuk menahan berbagai tingkat erosi, hal ini karena kemampuan vegetasi dalam menahan laju erosi dipengaruhi oleh (1) tinggi dan kerapatan dedaunan, (2) jumlah bahan organik yang dihasilkan, (3) struktur akar, dan (4) kerapatan vegetasi. Dampak vegetasi terhadap erosi biasanya diamati melalui produksi material kering dan kemampuan vegetasi untuk melindungi tanah. Selanjutnya, jika mempertimbangkan aspek tanah, pengelolaan tanah dalam kaitannya dengan erosi dapat dilihat melalui jenis tanah dan teknik yang digunakan dalam pengelolaan tanah.

Prediksi Erosi di DAS Nangagali

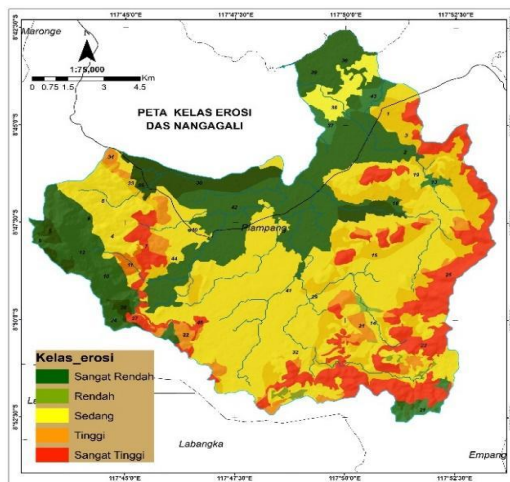
Analisa dan Pemetaan Prediksi Erosi dilakukan pada 35 unit lahan dengan metode Universal Soil Loss Erosion (USLE), berdasarkan 5 kelas nilai yaitu : 1) sangat rendah (0-15 ton/tahun), 2) rendah (15 – 60 ton/tahun), 3) sedang (60-180 ton/tahun), 4) tinggi (180-460 ton/tahun) dan 5). Sangat tinggi (> 460 ton/tahun). Hasil analisis spasial dan perhitungan prediksi erosi disajikan pada Gambar 5 dan Tabel 3.

Tabel 3. Sebaran Kelas Erosi di DAS Nangagali

Kelas erosi	Luas	
	Ha	%
Rendah	97.03	0.50
Sangat Rendah	5,948.70	30.59
Sangat Tinggi	2,730.85	14.04
Sedang	9,829.29	50.55
Tinggi	838.65	4.31
Total	19,444.52	100.00

Prediksi Erosi di DAS Nangagali total sebanyak 3,2 juta ton/tahun atau rata-rata per ha mencapai 218,58 ton/tahun, erosi terendah terdapat pada unit lahan 21 dengan laju erosi 3,47 ton/ha dan tertinggi 996,88 ton/ha pada unit lahan 25 dengan tutupan lahan berupa pertanian

lahan kering kerapatan jarang. Rotasi tanaman setiap musim tanam meningkatkan tingkat pengolahan tanah yang disesuaikan dengan jenis tanaman tertentu yang akan dibudidayakan. Hal ini menyebabkan transformasi lengkap dari komposisi tanah sehingga tanah menjadi lebih padat. Tanah yang padat menyebabkan tingkat permeabilitas yang sangat lambat, yang pada akhirnya menyebabkan limpasan permukaan selama curah hujan, keadaan ini diperburuk oleh konsistensi lempung tanah.



Gambar 5. Peta Kelas Erosi DAS Nangagali

Meskipun paling sedikit erosi terjadi di lahan hutan primer. Tingginya konsentrasi tegakan hutan asli dan keberadaan sisa-sisa tanaman dapat mengurangi kekuatan destruktif curah hujan di tanah dan mengurangi drainase permukaan. Tingginya erosi pada lahan pertanian dapat dikurangi dengan implementasi bangunan teras pada lahan pertanian, hal ini karena konstruksi teras mampu menurunkan kecuraman bukit dan mengontrol aliran air di permukaan sehingga menurunkan laju dan kuantitas erosi sekaligus mendorong penyerapan air ke dalam tanah. (Harjianto et al., 2015).

Erosi yang dapat ditoleransikan (Etol)

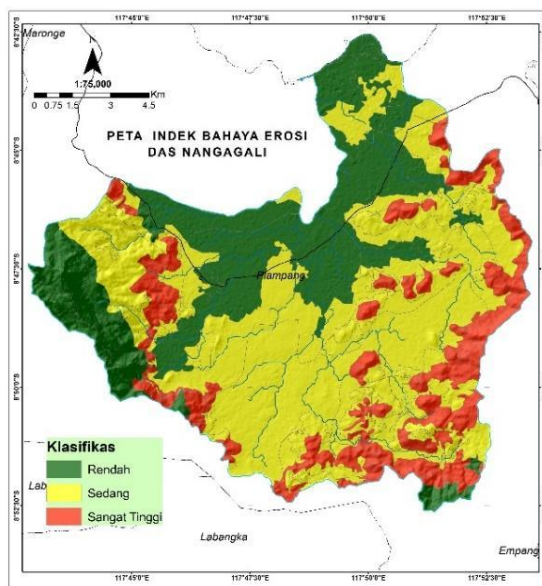
Analisis erosi yang dapat diterima dilakukan pada semua bidang tanah tidak termasuk bidang tanah (SL: 2; 13; 16; 30; 35; 36; 37; 39; 42 dan 43) karena terjadinya erosi pada lahan-lahan ini sangat kecil. Erosi yang dapat diterima di DAS Nangagali berbeda secara signifikan di setiap satuan lahan, hal ini disebabkan oleh disparitas komposisi tanah, ketebalan tanah, kedalaman minimum perakaran tanaman, dan kerapatan tanah.

Dengan nilai faktor kedalaman tanah 1,00 untuk sub ordo Tropept, 0,95 untuk Aquept, dan 1,00 untuk Andept, kedalaman tanah minimum yang disarankan untuk tanaman pertanian adalah sekitar 30 cm, sedangkan untuk hutan sekitar 50 cm, dan untuk semak belukar dan lahan terbuka sekitar 20 cm. Berat isi tanah berkisar antara 1,03 sampai 1,29 gr/cm. Laju pembentukan tanah diperkirakan 1,00 mm per tahun, menurut (Hardjowigeno, 2003). Umur efektif lahan ditetapkan selama 250 tahun (untuk pemanfaatan yang tidak terputus dan ekstensif (Schoonover & Crim, 2015). Oleh karena itu, sesuai dengan rumus (Wood & Dent, 1983), besaran erosi yang masih dapat diterima (Etol) di lokasi penelitian berada dalam spektrum 11-48,8 ton/ha/tahun.

Indek Bahaya Erosi dan Perencanaan Konservasi Tanah di DAS Nangagali

Indikator bahaya erosi (IBE) adalah kontras antara kuantitas erosi yang terjadi yang akan membahayakan daya tahan produktivitas tanah dengan erosi yang dapat diterima atau erosi yang terkait langsung dengan pembentukan tanah. Untuk menjaga kesuburan tanah, pengelolaan lahan harus disesuaikan dengan prinsip konservasi tanah dengan tetap mempertimbangkan faktor risiko erosi yang berdampak pada tanah, lahan pertanian, dan

perkebunan. Penggambaran klasifikasi faktor resiko erosi pada setiap bidang tanah di DAS Nangagali dapat dilihat pada Gambar 6 dan Tabel 4.



Gambar 6. Peta Indeks Bahaya Erosi DAS Nangagali

Gambar 6 dan Tabel 4, menunjukkan bahwa bahwa Indeks Bahaya Erosi (IBE) di DAS nangagali bervariasi dari rendah sedang sampai sangat tinggi, dengan IBE dominan dengan kategori sedang seluas 10.023,94 Ha (51,55%). Wilayah yang memiliki indeks bahaya erosi sedang dan sangat tinggi tersebar pada unit-unit lahan dengan penggunaan lahan pertanian, semak belukar dan areal terbuka.

Jenis komoditi yang dikembangkan pada pertanian lahan kering di DAS Nangagali adalah tanaman jagung dan kacang tanah serta jenis tanaman palawija lainnya. Tingginya erosi pada lahan pertanian lahan kering disebabkan belum diterapkannya teknik konservasi tanah secara baik. Intensitas curah hujan di wilayah ini cukup tinggi dengan penyebaran curah hujan yang tidak teratur, kondisi ini menyebabkan petani melakukan pengolahan tanah dengan cara membongkar tanah atau membalikkan tanah sebelum musim hujan. Tugas ini dilakukan dari awal November hingga pertengahan Desember, memungkinkan penanaman langsung ke tanah pada awal musim hujan, baik secara monokultur maupun tumpang sari (jagung - kacang tanah). Aplikasi teknologi pengolahan tanah yang saat ini diterapkan oleh petani sangat berpotensi menurun atau hilangnya bahan organik dalam tanah, karena penguraian bahan organik tanah akan terjadi dengan laju yang lebih cepat dan intensif, akibatnya gaya kohesif antar partikel akan berkurang yang mengakibatkan kerentanan tanah terhadap erosi. Situasi ini diperparah oleh fitur tanah yang bergelombang dan berbukit, yang secara inheren memiliki kerentanan yang tinggi terhadap erosi.

Supriyadi (2007), menegaskan bahwa teknik bercocok tanam seperti penggangguan tanah, membiarkan lahan tidak digarap, membakar dan memindahkan sisa-sisa tanaman telah mengakibatkan menipisnya bahan organik tanah. Selain itu, seringnya pembajakan ditambah dengan penurunan input bahan organik ke dalam tanah menyebabkan kerusakan agregat, membuat tanah rentan terhadap erosi dan pemadatan. Kebijakan pengembangan wilayah khususnya yang terkait dengan kerangka kerja politik, dan kemajuan teknologi serta ekonomi juga mendorong resiko kehilangan lapisan tanah pada lahan pertanian juga tinggi (Devátý et al., 2019).

(Nirtaha, 2014), menyatakan bahwa Tingkat bahaya erosi berat di DAS sejourng terjadi di areal-areal yang mengalami perubahan penggunaan lahan hutan menjadi areal pertanian, dengan besar erosi 6.000 ton/ha/tahun khususnya di Sub DAS Jalit II. Tingkat Bahaya Erosi juga berdampak pada baik buruknya kualitas air sungai. Hal ini terlihat bahwa kandungan Sub DAS Jalit II DAS Sejourng memiliki kandungan *Total Dissolved Solids* (TDS) lebih tinggi dibanding kandungan TDS sub DAS lainnya.

Tabel 4. Sebaran Indek dan kelas Bahaya Erosi pada masing-masing satuan lahan di DAS Nangagali

No SL	Erosi		Bahaya Erosi		Luas	
	A	T	IBE	Kelas	Ha	%
3	115.97	34.83	3.33	S	112.15	0.58
4	87.11	48.80	1.79	S	756.54	3.89
5	3.74	16.40	0.23	R	122.63	0.63
6	5.17	25.43	0.20	R	358.53	1.84
7	568.23	34.83	16.31	ST	479.33	2.47
8	119.54	32.70	3.66	S	73.99	0.38
9	5.93	11.00	0.54	R	108.79	0.56
10	6.17	23.83	0.26	R	112.95	0.58
11	237.86	44.80	5.31	S	84.66	0.44
12	10.55	24.50	0.43	R	375.89	1.93
14	79.88	29.36	2.72	S	117.15	0.60
15	134.19	35.05	3.83	S	1582.06	8.14
17	48.99	31.85	1.54	S	61.33	0.32
18	134.86	34.02	3.96	S	74.92	0.39
19	132.88	25.62	5.19	S	1054.68	5.42
20	81.45	36.29	2.24	S	110.53	0.57
21	3.47	22.19	0.16	R	134.68	0.69
22	347.61	34.29	10.14	ST	243.53	1.25
23	624.99	38.40	16.28	ST	1808.54	9.30
24	6.76	25.01	0.27	R	190.06	0.98
25	996.88	37.05	26.91	ST	289.55	1.49
26	11.89	22.16	0.54	R	59.88	0.31
27	632.75	29.70	21.30	ST	54.86	0.28
28	46.50	32.70	1.42	S	35.70	0.18
29	126.16	34.83	3.62	S	3214.23	16.53
31	183.87	25.60	7.18	S	77.19	0.40
32	135.94	33.25	4.09	S	266.05	1.37
33	131.84	25.67	5.14	S	67.95	0.35
34	437.31	32.62	13.41	ST	433.27	2.23
38	173.87	30.10	5.78	S	357.86	1.84
41	77.89	36.27	2.15	S	1688.84	8.69
44	138.75	25.35	5.47	S	41.40	0.21
45	616.07	34.52	17.85	ST	98.57	0.51

Keterangan : SL= Satuan Lahan, A= Erosi actual, T= Erosi yang ditoleransikan, IBE = Indeks bahaya Erosi, Ha = Hektar

Bhandari et al. (2021), menyatakan bahwa laju kehilangan tanah permukaan di DAS rangun distrik Dadeldhura Nepal, daerah yang bervegetasi bagus seperti hutan dan lahan pertanian lebih sedikit bila di bandingkan laju kehilangan tanah permukaan di daera-daerah yang kritis. Erosi tanah merupakan masalah utama bagi lingkungan dan sumber daya alam yang menyebabkan ancaman serius terhadap produktivitas pertanian dengan rata-rata turun sebesar 0,238 ton/ha.

Arahan Penggunaan Lahan dan Tindakan Konservasi Tanah.

Temuan investigasi menunjukkan bahwa DAS Nangagali secara keseluruhan mengalami tingkat risiko erosi sedang, oleh karena itu, untuk mengurangi risiko ini, perlu dilakukan praktik konservasi. Di daerah di mana risiko erosi rendah, sangat penting untuk melestarikan vegetasi saat ini. Sedangkan untuk unit lahan yang memiliki kerawanan erosi sedang di lereng 0 – 15 % sekaligus menggunakan dapat diusahakan pertanian jagung intensif yang disertai rotasi tanaman kacang tanah, teknik konservasi tanah pada unit lahan ini (SL=1; 3; 14; 15; 17; 18; 19; 28; 29; 31; 38;41 dan 44) adalah dengan memberikan lapisan mulsa seberat 6 ton per hektar. Petunjuk pemanfaatan lahan dan cara pengawetan tanah di DAS Nangagali diuraikan pada Tabel 5.

Harjianto et al. (2015) menyatakan bahwa pemberian mulsa 6 ton/ha pada lahan pertanian dapat mengurangi jumlah erosi yang cukup signifikan di DAS Nangagali. Pemikiran yang sama juga dikemukakan oleh (Pratiwi & Narendra, 2012), bahwa pemanfaatan mulsa vertikal pada demplot tanaman mahoni berpotensi meningkatkan pertumbuhan tanaman mahoni hingga 66%. Pemanfaatan mulsa vertikal dengan jarak 6 meter mampu menurunkan erosi dan limpasan permukaan hingga 50% dan meminimalkan kehilangan unsur hara tanah hingga lima kali lipat. Pemberian mulsa juga membantu menahan partikel tanah dan meningkatkan agregasi dan stabilitas agregat tanah, sehingga mengurangi dampak erosi tanah. Residu tanaman yang cocok digunakan sebagai mulsa adalah yang mengandung lignin dalam jumlah yang signifikan, seperti jerami padi, sorgum, dan batang jagung (Damanik, 2010). Selain itu, Harjianto et al., 2015, juga merekomendasikan bahwa pemberian mulsa jerami dengan dosis 4-5 ton/ha secara efektif dapat menurunkan erosi hingga tingkat yang sangat rendah pada lahan dengan kemiringan 15%.

Giuseppe, et al (2021), yang mempublikasikan hasil penelitian dinamika erosi pada kebun zaitun di Calabria Italia Selatan yang menunjukkan bahwa lahan yang tidak dilakukan pengolahan lahan intensif dan disertai pemberian mulsa tanaman dari sisa -sisa pemangkasan ranting dan dahan tanaman zaitun mampu memperkecil run off dan erosi tanah pada kebun zaitun di Calabria Italia Selatan. Penggunaan mulsa dalam jumlah sedang yang dikombinasikan dengan tanaman penutup tanah mampu secara signifikan mengurangi daya rusak air hujan pada tanah liat di kebun zaitun yang curam dan memiliki faktor pembatas lahan adalah air. Praktik ini mampu secara signifikan meningkatkan infiltrasi dan bahan organik tanah serta mengurangi run off dan erosi tanah.

Chen et al. (2021), menyatakan bahwa hasil penelitian di cina selatan menunjukkan terjadi penurunan erosi yang cukup stabil setelah terjadinya restorasi vegetasi pada lahan-lahan kebun di cina selatan. Tutupan lahan sebanyak 60% mampu memperkecil terjadinya *run off* dan menurunnya kehilangan tanah secara permanen. Arahan penggunaan lahan untuk lahan yang memiliki indek bahaya erosi sedang namun memiliki kemiringan diatas 30% adalah mempertahankan tutupan lahan bervegetasi tetap. Kombinasi antara tanaman berkayu yang bertajuk rapat dengan tanaman bawah tegakan seperti jahe, dan porang merupakan Agroteknologi yang menjaga keseimbangan antara kepentingan konservasi tanah dan ekonomi di DAS Nangagali.

Pengelolaan lahan dengan faktor pembatas kemiringan (>30%) dan erosi yang terlihat pada satuan lahan 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 33, 34, 35, dan 45 meliputi

pelaksanaan konservasi tanah sipil teknis dengan perkuatan tanaman dan saran pemanfaatan lahan berupa vegetasi tetap dan hutan. Hal ini membantu mengurangi dampak erosi air hujan terhadap tanah (Jijun et al., 2010; Jusoff et al., 2013; Maryati, 2013). Teknik pertanian yang disarankan pada areal DAS Nangagali ini adalah teknik agroforestri yang disertai dengan penerapan perlindungan tanah dan air berupa teras bangku. Riasan tanaman yang disarankan adalah 70% tanaman berkayu dan 30% tanaman pertanian (di bawah tegakan).

Tabel 5. Arahan penggunaan lahan DAS Nangagali

No SL	Land Use	Lereng (%)	IBE Nilai	Kelas	Konservasi Tanah
1	Pt	0-8 %	5.38	S	TG+M+J+Kc
3	Pt	8-15 %	3.33	S	TG+M+J+Kc
4	S/B	15-30 %	1.79	S	TB+A
7	Pt	15-30 %	16.31	ST	TB+A
8	S/B	30-45 %	3.66	S	Wt+TBT
11	S/B	> 45 %	5.31	S	VT +TI
14	Pc	0-8 %	2.72	S	TG+M+J+Kc
15	Pt	0-8 %	3.83	S	TG +M+RP
17	S/B	8-15 %	1.54	S	TG+M+J+Kc
18	Pc	8-15 %	3.96	S	TG+M+J+Kc
19	Pt	8-15 %	5.19	S	TG+M+J+Kc
20	S/B	15-30 %	2.24	S	TB+A
22	Pc	15-30 %	9.12	ST	TB+A
23	Pt	15-30 %	16.28	ST	TB+A
25	Pt	30-45 %	26.91	ST	Wt+TBT
27	Pc	> 45 %	21.30	ST	WT+TI+TBT
28	Pc	0-8 %	1.42	S	TG +M+RP
29	Pt	0-8 %	3.62	S	TG +M+RP
31	Pc	8-15 %	7.18	S	TG+M+J+Kc
32	Pt	8-15 %	4.09	S	TG+M+J+Kc
33	S/B	15-30 %	3.20	S	TB+A
34	Pt	15-30 %	13.41	ST	TB+A
38	Tb	0-8 %	5.78	S	TG+M+J+Kc
41	Pt	0-8 %	2.15	S	TG +M+RP
44	Pt	8-15 %	5.47	S	TG+M+J+Kc
45	Pt	15-30 %	17.85	ST	TB+A

Sumber : data Primer

Keterangan : Penggunaan lahan (Land use) Pt= Pertanian, Pc= Pertanian Campuran, S/B= Semak Belukar, Tb = Tanah Terbuka IBE = Indek Bahay Erosi, S = Sedang, ST= Sangat Tinggi .

TG+M+J+Kc = Teras Gulud + Mulsa 6 ton + Jagung+ kacang tanah (rotasi)

TG +M+RP = Teras Gulud + Mulsa 6 ton + Rumput Penguat Teras

TB+A = Teras Bangku + Agroforestry (70% kayu-kayuan)

VT+TI = Vegetasi tetap (kayu-kayuan) + Teras Individu

WT+TI+TBT = Wana Tani + Teras Individu + Tanaman Bawah Tegakan

Wt+TBT = Wana Tani + Tanaman Bawah Tegakan

Unit Lahan dengan kemiringan diatas 45 % seperti pada unit lahan 11; 12; 26 dan 27 penggunaan lahannya di sarankan untuk Hutan, namun karena pada unit lahan 12 dan 16 sudah terdapat aktivitas masyarakat untuk kegiatan pertanian , maka pada pada unit-unit lahan tersebut diarahkan untuk kegiatan wanatani yang disertai dengan penerapan teras individu pada tanaman-tanaman berkayunya. Kegiatan wanatani yang disarankan adalah penanaman tanaman kayu-kayuan dan buah-buahan sebanyak 100 % (dengan kerapatan tinggi jarak tanam 3x3 meter atau 3x5 meter). Guna meningkatkan kesejahteraan dan perekonomian petani, agroteknologi pertanian yang disarankan pengembangan tanaman pertanian bawah tegakan seperti porang, jahe dan empon-empon.

(Kusnarta et al., 2021), menyebutkan bahwa domestikasi porang memenuhi syarat sebagai tanaman non kayu dalam sistem agroforestri, sebagai komponen konservasi tanah dan air pada tipe lahan suboptimal di Kabupaten Lombok Utara dan Pulau Lombok pada umumnya. Tanaman porang dapat membantu meningkatkan kemantapan dan kekokohan agregat tanah yang ditunjukkan dengan indeks kemantapan agregat tanah sebesar 59 yang berarti “cukup stabil”. Kelembaban tanah kering angin di areal perkebunan porang meningkat dari 3,0% (tanpa porang) menjadi 5,4% (dengan adanya porang). Selanjutnya kandungan bahan organik tanah meningkat menjadi 3,94% (relatif tinggi) pada lahan yang ditanami porang karena batang dan daun tanaman porang cepat membusuk. Penutupan permukaan tanah relatif padat, sehingga mencegah terjadinya erosi. Tanaman porang berperan dalam meningkatkan penyerapan air (infiltrasi) karena adanya akar dan umbi porang.

Secara ekonomi pengembangan tanaman porang mampu meningkatkan perekonomian masyarakat petani, hal ini karena karakteristik tanaman porang dapat di kembangkan bersama dengan komoditi tanaman lainnya dalam satu sistem tanaman terpadu. (Suhartini et al., 2022), menyatakan bahwa pengembangan tanaman porang yang dikombinasikan dengan sorgum dan peternakan sapi di lahan kering mampu meningkatkan pendapatan petani dan memperbaiki kualitas tanah

KESIMPULAN DAN SARAN

Erosi tanah dapat diramalkan dengan tepat. Teknik USLE adalah metode prakiraan erosi tanah yang disetujui dan digunakan secara luas di Indonesia. Banyak organisasi pemerintah menggunakan teknik ini dan analisis indikator risiko erosi untuk perencanaan pelestarian tanah dan administrasi daerah aliran sungai.

Prakiraan erosi pada penggunaan lahan saat ini di DAS Nangagali bervariasi antara 3,47 – 996,88 ton/ha/tahun atau rata-rata 218,58 ton/tahun per ha. Prakiraan erosi pada penggunaan lahan yang difokuskan pada pertanian lahan kering bervariasi dari 46,49–996,88 ton/ha/tahun dengan erosi yang diterima (Etol) bervariasi dari 24,7 hingga 38,4 ton/ha/tahun. Pengembangan usaha tani Jagung di DAS Nangagali secara intensif dapat dilakukan pada satuan lahan 1, 3, 4, 14, 15, 17, 18, 19, 28, 29, 31, 32, 38, 41, dan 44, seluas 9.686,04 Ha. Upaya penanaman jagung di DAS Nangagali harus dibarengi dengan penerapan konservasi tanah dan air, seperti penggunaan bahan organik sebanyak 6 ton pada kemiringan 6%, serta pembuatan teras guludan dengan penanaman tahunan untuk memperkuat teras (*Gliricidia sepium*) dan tanaman dari famili *Leguminoceae* untuk kelas lereng antara 10 – 20 %.

Perencanaan untuk pelestarian tanah dan air di daerah tangkapan air DAS Nangagali harus dilakukan pada sebidang tanah di mana erosi nyata melampaui erosi yang dapat diterima (T), yang melibatkan pengawasan modifikasi pemanfaatan lahan, seperti transisi dari semak belukar menjadi hutan atau agroforestri, mengembangkan pertanian campuran dengan pola agroforestri (untuk meningkatkan populasi dan kerapatan tanaman), serta membangun teras individu dan teras guludan dengan mulsa 6 ton dan tanaman untuk memperkuat teras.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah & Air*.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:177950983>
- Asdak, C. (2007). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:129339908>
- Ayalew, G., & Yilak, T. (2014). *A GIS based Land Capability Classification of Guang Watershed, Highlands of Ethiopia*. 4(22), 161–166.
- Banuwa, I., Naik, S., Tarigan, S., & Dudung, D. (2008). Land Capability Evaluation of Upper Sekampung Watersheds. *Jurnal Tanah Tropika*, 13.
- 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*, 2021, 5747138. <https://doi.org/10.1155/2021/5747138>
- Chen, J., Li, Z., Xiao, H., Ning, K., & Tang, C. (2021). Effects of land use and land cover on soil erosion control in southern China: Implications from a systematic quantitative review. *Journal of Environmental Management*, 282, 111924. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111924>
- Damanik. (2010). *Pengaruh penggunaan mulsa jerami terhadap beberapa sifat fisik tanah dan laju infiltrasi pada latosol darmaga (studi pada tanaman kacang tanah)* [Institut Pertanian Bogor]. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/44670>
- Devátý, J., Dostál, T., Hösl, R., Krása, J., & Strauss, P. (2019). Effects of historical land use and land pattern changes on soil erosion – Case studies from Lower Austria and Central Bohemia. *Land Use Policy*, 82, 674–685. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.11.058>
- Hardjowigeno, S. (2003). *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Akademika Pressindo. <http://opac.lib.unlam.ac.id/id/opac/detail.php?q1=631&q2=HAR&q3=K&q4=979-8035-48-8>
- Harjianto, M., Sinukaban, N., Tarigan, S. D., & Haridjaja, O. (2015). *Kajian Perencanaan Usaha tani Berkelanjutan Berbasis Murbei* [Institut Pertanian Bogor]. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/76994>
- Jijun, H., CAI, Q., LI, G., & WANG, Z. (2010). Integrated erosion control measures and environmental effects in rocky mountainous areas in northern China. *International Journal of Sediment Research*, 25(3), 294–303. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1001-6279\(10\)60046-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1001-6279(10)60046-7)
- Jusoff, K., Haris, A., Urip, J., Jalan, M. A., & Sumoharjo, U. (2013). *Evaluation of Land Capability for Agriculture in the Upstream of Jeneberang Watershed, South Sulawesi*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:55778536>
- Kusnarta, I., Soemeinaboedhy, I. N., Padusung, Mahrup, & Fahrudin. (2021). *Kajian Biofisik Lahan Untuk Tanaman Porang Sebagai Anasir Konservasi Pada Sistem Agroforestri Di Pulau Lombok Study Of Land Biophysical For “ Poran g ” (Amorphopallus Muelleri) As A Conservation Aspect In Agroforestry System In Lombok Island*. 94–107.
- Maryati, S. (2013). Land Capability Evaluation of Reclamation Areain Indonesia Coal Mining using LCLP Software. *Procedia Earth and Planetary Science*, 6, 465–473. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeps.2013.01.061>
- Nirtaha, I. (2014). Studi Tingkat Bahaya Erosi Dan Pengaruhnya Terhadap Kualitas Air (Tss Dan Tds) DAS Sejong, Kecamatan Sekongkang Kabupaten Sumbawa Barat Provinsi Nusa Tenggara Barat. *EnviroScienteeae*, 10, 27–32.
- Pratiwi, P., & Narendra, B. (2012). Pengaruh Penerapan Teknik Konservasi Tanah

- Terhadap Pertumbuhan Pertanaman Mahoni (*Swietenia Macrophylla* King) Di Hutan Penelitian Carita, Jawa Barat (The Effect of Soil Conservation Application on the Growth of Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) Planting System in Carita Forest Research, West Java). 9, 139–150. <https://doi.org/10.20886/jphka.2012.9.2.139-150>
- Schoonover, J. E., & Crim, J. F. (2015). An Introduction to Soil Concepts and the Role of Soils in Watershed Management. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 154(1), 21–47. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1936-704X.2015.03186.x>
- Suhartini, S., Suparlan, S., & Suwardji, S. (2022). Integration of Sorghum, Porang and Cow Livestock as an Effort to Increase Farmers' Income and Soil Quality in Dry Land. *Path of Science*, 8, 5007–5011. <https://doi.org/10.22178/pos.82-13>
- Supriyadi, S. (2007). Kesuburan Tanah Di Lahan Kering Madura. *Embryo*, 4(2), 124–131.
- Wood, S. R., & Dent, F. J. (1983). *LECS: a Land Evaluation Computer System methodology*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:133662384>