

## Research Article

## Pemetaan Tingkat Bahaya Erosi dengan Pemanfaatan Teknologi *Drone* di DTA Cipaheut Sub DAS Cikapundung Hulu

Elita Cahyani<sup>1\*</sup>, Abraham Suriadikusumah<sup>1</sup>, Apong Sandrawati<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Indonesia

\*Korespondensi: [elitacahyani03@gmail.com](mailto:elitacahyani03@gmail.com)

### ABSTRACT

*Erosion mapping and erosion measurements are carried out to determine the distribution of erosion hazard levels in certain areas. Technology in the field of mapping is constantly evolving to provide convenience for human work, one of the innovations is drone technology or Unmanned Aerial Vehicle (UAV). The objective of this research is to determine erosion prediction and erosion hazard levels spatially based on Universal Soil Loss Equation (USLE) method using drone. The research was conducted in Cipaheut Catchment Area, Upper Cikapundung Sub-watershed, Cimenyan, Cimenyan, Bandung Regency, West Java. Aspects of drone technology are used in the process of collecting base map data for the preparation of erosion hazard level maps on a detailed scale based on USLE method. Aerial photographs from drone can identify erosion-causing land characteristics: slope, crop management, and tillage. The results of the study show that the role of drone is very helpful in mapping general conditions and land use spatially. Drones are able to provide actual data sources to identify the physical factors needed in the USLE method of erosion calculations such as LS, C and P factors. Erosion prediction and erosion hazard levels can be calculated using data acquired from drones. There are 8 SPLs with a total land area of 211.22 Ha. SPL 5 with the use of dry land and steep slope have the highest erosion prediction values of 984.56 tons/ha/year and an erosion hazard index of 102.56 tons/ha/year with a very high level of erosion hazard.*

**Keywords:** *drone, slope class, land use, erosion hazard level, USLE*

### ABSTRAK

Pemetaan erosi dan hasil pengukuran erosi memiliki tujuan mengetahui sebaran tingkat bahaya erosi pada suatu wilayah. Teknologi dalam bidang pemetaan senantiasa berkembang untuk memberikan kemudahan bagi pekerjaan manusia, salah satu inovasinya ialah teknologi *drone* atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan prediksi erosi dan tingkat bahaya erosi secara spasial dengan metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE) dibantu dengan pemanfaatan teknologi *drone*. Penelitian dilakukan di DTA Cipaheut Sub DAS Cikapundung Hulu, Desa Cimenyan, Kecamatan Cimenyan, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Aspek teknologi *drone* digunakan pada tahap pengumpulan data peta dasar untuk pembuatan peta tingkat bahaya erosi dalam skala detil berdasarkan metode USLE. Foto udara yang dihasilkan dari pemotretan *drone* dapat mengidentifikasi karakteristik lahan penyebab erosi, seperti: kemiringan lereng, pengelolaan tanaman, dan pengolahan tanah. Berdasarkan hasil penelitian, *drone* sangat berperan dalam memetakan keadaan umum dan penggunaan lahan secara spasial. Selain itu *drone* mampu menyediakan sumber data aktual untuk mengidentifikasi faktor-faktor fisik yang dihitung dalam penetapan erosi metode USLE seperti LS, C dan P. Prediksi erosi dan tingkat bahaya erosi dapat dihitung dengan data hasil akuisisi dari *drone*. Terdapat 8 SPL dengan total lahan seluas 211,22 Ha. SPL 6 dengan penggunaan lahan tegalan dan kemiringan lereng yang curam memiliki nilai prediksi erosi tertinggi sebesar 984,56 ton/ha/tahun, serta indeks bahaya erosi sebesar 102,56 ton/ha/tahun dengan tingkat bahaya erosi sangat tinggi.

**Kata Kunci:** *drone, kemiringan lereng, penggunaan lahan, tingkat bahaya erosi, USLE*

### ARTICLE HISTORY

Received: 20.03.2023

Accepted: 03.05.2023

Published: 29.05.2023

### ARTICLE LICENCE

Copyright © 2023 The Author(s): This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)

## 1. Latar Belakang

Erosi merupakan peristiwa terangkutnya partikel-partikel tanah dari suatu tempat yang selanjutnya mengendap di tempat lain oleh media alami (Arsyad, 2010). Erosi pada suatu

Daerah Aliran Sungai (DAS) umumnya terjadi akibat penggunaan dan pengelolaan lahan yang tidak mengikuti kaidah konservasi tanah dan air, yang dapat mengakibatkan hilangnya lapisan *top soil* yang subur (Lanyala, Hasanah, & Ramlan, 2016). Dampak langsung erosi di tempat kejadian lebih lanjut ialah degradasi tanah yang dapat menurunkan produktivitas lahan dan mengakibatkan terjadinya lahan kritis (Sutrisna, Sitorus, & Subagyo, 2010).

Degradasi lahan terjadi karena kurangnya pengetahuan dan penerapan teknik konservasi tanah yang menyebabkan peningkatan laju erosi (Sutrisna *et al.*, 2010). Oleh karena itu, penilaian erosi perlu ditentukan untuk pencegahan degradasi lahan. Perubahan penggunaan lahan yang tidak mengikuti kaidah konservasi juga akan menyebabkan kemampuan tanah menurun dalam menyerap dan menyimpan air. Hal tersebut tidak hanya mengakibatkan tanaman mudah mengalami kekeringan pada musim kemarau, namun juga akan menyebabkan aliran permukaan (*run off*) meningkat pada musim hujan (Lanyala *et al.*, 2016).

Teknologi dalam bidang pemetaan senantiasa berkembang untuk memberikan kemudahan bagi pekerjaan manusia. *Drone* ialah salah satu inovasi teknologi yang berkembang di era modern saat ini. Menurut Utomo (2018), *drone* atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) merupakan pesawat udara yang dilengkapi dengan sistem kontrol penerbangan sehingga dapat dikendalikan dari jarak jauh oleh pilot ataupun *drone* itu sendiri. *Drone* memiliki navigasi yang presisi melalui *Ground Positioning System* (GPS) dan dapat terbang sesuai perencanaan terbang (*autopilot*). Pada awalnya *drone* digunakan dalam bidang militer oleh Amerika, namun seiring berkembangnya teknologi *drone* kini telah digunakan untuk tujuan sipil seperti pemantauan kegiatan manusia, pemetaan, survei, dan lainnya (Paneque-Galvez *et al.*, 2014; Hodgson *et al.*, 2016; Radiansyah, 2017 dalam Hakim *et al.*, 2021).

Penggunaan *drone* dibantu dengan pemanfaatan teknologi dan Sistem Informasi Geografis (SIG) telah banyak digunakan untuk kajian pemetaan. Hakim *et al.* (2021) memanfaatkan *drone*/UAV untuk pemetaan dan identifikasi tutupan lahan pada Kawasan Hutan Pendidikan, yang merupakan salah satu Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) untuk masyarakat, terutama pelajar, mahasiswa, dan peneliti sebagai media pembelajaran dan tempat berlangsungnya penelitian (Fiulaizi *et al.*, 2021). Pemanfaatan *drone* memberikan keuntungan serta kemudahan terutama pada bidang pemetaan. SIG dan penginderaan jarak jauh (inderaja) menggunakan *drone* memiliki hasil foto udara relatif lebih bersih dari awan dan resolusi spasial yang tinggi dibandingkan dengan menggunakan citra satelit yang memiliki beberapa kendala (Hakim *et al.*, 2021).

*Drone* memiliki hasil pemotretan berupa kumpulan gambar yang diolah menjadi foto udara. Sensor multispektral yang beresolusi sangat tinggi dan bereferensi spasial pada *drone* mampu menghasilkan data yang sangat representatif untuk pemetaan dengan skala detil (Purnomo, 2019). Selain untuk interpretasi data penggunaan lahan, *drone* dapat digunakan untuk memperoleh data topografi. Analisis fotogrametri pada foto udara *drone* menghasilkan *Digital Elevation model* (DEM) (Ikhwana & Hapsari, 2019). Data pada DEM dapat diolah kembali untuk bermacam keperluan seperti untuk pemetaan tanah dan evaluasi lahan, serta pemetaan pada wilayah rawan bencana (Hikmatullah *et al.*, 2014; Purnomo, 2019)

Berdasarkan data penggunaan lahan dan topografi yang detil, Purnomo (2019) memanfaatkan *drone* untuk pemetaan erosi pada kebun alpukat di Bogor karena data yang dihasilkan oleh *drone* mampu menggambarkan kondisi sebenarnya di lapangan dalam skala detil. Foto udara dan DEM yang dihasilkan *drone* membantu proses pengumpulan peta

dasar untuk menilai tingkat bahaya erosi dalam pembuatan peta kelas lereng (LS), tutupan lahan (C), dan pengolahan tanah (P). Teknologi *drone* sangat membantu penyusunan data berbasis spasial dalam pembuatan peta ancaman erosi berbasis metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE) (Purnomo, 2019).

Sungai Citarum terutama memiliki fungsi sebagai drainase utama di pusat Kota Bandung (Maria & Lestiana, 2014). Sub DAS Cikapundung merupakan bagian DAS Citarum Hulu yang mempunyai fungsi lindung dan konservasi sebagai kawasan penyangga Kota Bandung. Kecamatan Cimencyan termasuk salah satu kecamatan di Kabupaten Bandung yang termasuk dalam areal Sub DAS Cikapundung. Hampir semua desa di Kecamatan Cimencyan mengalami alih fungsi lahan, dengan luasan perubahan tertinggi salah satunya terjadi pada Desa Cimencyan (Yuliar & Syaodih, 2021).

DTA Cipahcut merupakan salah satu daerah tangkapan air di Desa Cimencyan Kecamatan Cimencyan. Daerah Tangkapan Air (DTA) memiliki fungsi hidrologis dalam memelihara ketersediaan air sebagai area tangkapan air hujan (*reservoir*). Konversi lahan terjadi pada hutan, tanaman tahunan, dan pertanian basah yang mengalami konversi menjadi tegalan dan perumahan/jasa. Persentase kawasan lindung Kecamatan Cimencyan berdasarkan RTRW Kabupaten Bandung ialah 27,91% dan kawasan budidaya sebesar 72,08% (Yuliar & Syaodih, 2021). Alih fungsi lahan yang terjadi di DTA dapat menyebabkan debit aliran permukaan meningkat, sehingga potensi erosi meningkat yang dapat berpengaruh pada daerah di bawahnya yaitu Kota Bandung (Purboseno *et al.*, 2013).

Penilaian potensi erosi pada umumnya menggunakan model parametrik, terutama metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE) yang dirumuskan pada tahun 1985 oleh Wischmeier dan Smith (Sutapa, 2010). Pemanfaatan metode USLE dapat digunakan untuk berbagai keadaan penggunaan lahan dan iklim. Persamaan USLE dirancang untuk memprediksi besarnya erosi dari suatu areal pertanian dengan sistem tanam dan pengelolaan tanah tertentu untuk jangka panjang. Metode ini memiliki keunggulan dapat menghasilkan estimasi erosi yang baik, input data yang lebih sederhana dengan faktor erosi yang lebih sedikit, dan dapat diterapkan serta diterima secara luas (Lesmana, 2020). Faktor erosi ini meliputi faktor erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS), tutupan lahan (C), dan pengolahan tanah (P).

Pendugaan erosi dengan menggunakan metode USLE dibantu dengan pemanfaatan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat memberikan gambaran besaran erosi secara rinci. Larito *et al.* (2004) mengatakan bahwa penggunaan SIG dengan basis piksel sebagai alat pemodelan spasial untuk menentukan prediksi erosi dapat meningkatkan akurasi data yang dihasilkan, terutama pada lahan dengan topografi yang kompleks. Untuk data dengan referensi geografi, selain rinci SIG juga manajemen data dalam waktu yang singkat sehingga dapat memberikan rekomendasi pengelolaan yang tepat sesuai kondisi lokasi studi.

*Digital Elevation Model* (DEM) yang dihasilkan oleh foto udara *drone* memiliki akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan data yang berasal dari citra satelit pada lokasi studi dengan areal terbatas (Purnomo, 2019). Gambar yang beresolusi tinggi sangat penting dalam membangun model bangunan tiga dimensi, kanopi, visualisasi lansekap, dan lainnya (Haala *et al.*, 2011 dalam Purnomo, 2019). Menurut Pineux *et al.* (2017), DEM yang beresolusi tinggi juga dapat menggambarkan perubahan lereng, pola deposisi sedimen, dan jalur aliran permukaan. Dengan demikian, DEM dari pemotretan *drone* sangat membantu dalam pengambilan data faktor erosi seperti faktor pengelolaan tanaman (C), dan pengolahan tanah (P). Dalam penilaian faktor C diperlukan informasi penutup lahan sampai

tingkat jenis vegetasi yang tidak bisa dilihat melalui citra satelit namun foto udara *drone* dapat memberikan informasi tersebut.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan April sampai Juli 2022. Penelitian berlokasi di DTA Cipaheut Sub DAS Cikapundung Hulu Desa Cimenyan, Kecamatan Cimenyan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah dan Nutrisi Tanaman serta Laboratorium Fisika Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Bahan penelitian ini berupa data-data dasar dan penunjang untuk deskripsi karakteristik tanah dan lahan di lokasi penelitian, dan bahan-bahan yang digunakan pada analisis laboratorium. Data dasar yang digunakan meliputi: Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000 lembar 1209-314 (BIG, 2018) dan Peta Jenis Tanah skala 1:50.000 (BIG, 2014). Bahan yang digunakan untuk analisis laboratorium meliputi bahan untuk penetapan bahan organik dengan Metode Walkey & Black dan penetapan tekstur tanah dengan metode pipet. Alat yang digunakan dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan yaitu *Drone* DJI Mavic Pro, laptop RAM  $\geq$  4GB, *Global Positioning System* (GPS), klinometer, *handphone*, dan kamera. Alat-alat untuk *sampling* tanah diantaranya yaitu bor tanah, cangkul, *ring sampler*, pisau, dan alat tulis. Alat-alat yang digunakan untuk analisis sifat tanah di laboratorium diantaranya: timbangan analitis, oven, erlenmeyer, pipet, gelas ukur, buret, dan lainnya. Perangkat lunak yang digunakan diantaranya Drone Deploy, DJI GO 4, Avenza Maps, Agisoft PhotoScan, ArcGIS 10.6, Microsoft Word 365, dan Global Mapper 15.

Tahapan penelitian meliputi studi literatur, tahapan pengumpulan data, penyusunan satuan peta lahan (SPL), survei lapangan, tahapan pengolahan data, dan tahapan penyajian data. Penyusunan satuan peta lahan (SPL) dilakukan dengan *overlay* (tumpang tindih) dari peta administrasi, peta curah hujan, peta tanah, peta penggunaan lahan, dan peta kemiringan lereng. Pengumpulan data dilakukan menggunakan *drone* tipe Dji Mavic Pro dengan bantuan perangkat lunak DroneDeploy dan DJI GO 4 untuk membuat jalur terbang dan mengontrol *drone*. Pada tahap ini juga dilakukan pengambilan contoh tanah terganggu (*disturbed*) dan utuh (*undisturbed*) pada titik pengambilan sampel dari 8 SPL yang telah ditentukan. Foto udara hasil pemotretan menggunakan *drone* akan diolah melalui perangkat lunak Agisoft PhotoScan untuk menghasilkan data berupa DEM dan orthophoto dengan resolusi tinggi. Data-data selanjutnya diolah pada ArcGIS dengan data DEM yang akan digunakan untuk menyusun peta kemiringan lereng (faktor LS) dan data orthophoto untuk peta tutupan lahan (faktor C).

Analisis data dilakukan untuk menentukan tingkat bahaya erosi (TBE) dan sebarannya di Sub DAS Cikapundung Hulu. Pada penelitian ini cara menghitung ancaman erosi menggunakan metode USLE yang dijabarkan dengan rumus berikut:

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

### a) Faktor Erosivitas (R)

Faktor erosivitas dapat dihitung menggunakan data curah hujan bulanan dengan menggunakan persamaan Bols (1978) sebagai berikut:

$$EI_{30} = 6,119 \times (Rain)_{month}^{1,21} \times (Days)_{month}^{-0,47} \times (Max.P)_{month}^{0,53} \dots \text{(Persamaan 1)}$$

Keterangan:

$EI_{30}$  = erosivitas hujan bulanan

$(Rain)_{month}$  = jumlah curah hujan rata-rata bulanan (cm)

$(Days)_{month}$  = jumlah hari hujan rata-rata per bulan

$(Max.P)_{month}$  = curah hujan maksimum dalam satu bulan (cm)

### b) Faktor Erodibilitas tanah (K)

Erodibilitas tanah adalah tingkat kepekaan tanah terhadap erosi, beberapa faktor yang mempengaruhi kepekaan tersebut adalah %bahan organik, tekstur, struktur, serta permeabilitas tanah. Wischmeier *et al.* (1971) mengembangkan metode pengukuran nilai erodibilitas (K) berdasarkan variabel-variabel tersebut yang dirumuskan dalam model persamaan sebagai berikut:

$$K = \frac{2,713M^{1,14}(10^{-4})(12-a)+3,25(b-2)+2,5(c-3)}{100} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2)}$$

Keterangan:

- M = (%debu + %pasir halus)(100% - %liat)
- a = %bahan organik
- b = nilai struktur tanah
- c = nilai permeabilitas tanah

### c) Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Penentuan nilai panjang dan kemiringan lereng selanjutnya disebut faktor LS, dapat mengacu kepada Christian dan Stewart (1968) dalam Buku Konservasi Tanah dan Air (Arsyad, 2010).

### d) Faktor Pengelolaan Tanaman (C) dan Faktor Konservasi Tanah (P)

Nilai C pada penelitian didapat dari peta *landuse* hasil pemotretan *drone*. Penetapan nilai C dapat mengacu kepada jenis penggunaan lahan seperti yang dikemukakan oleh Pusat Penelitian Tanah (1981) dalam Arsyad (2010). Faktor tindakan konservasi tanah atau pengolahan tanah (P) merupakan nilai besarnya erosi suatu lahan dengan suatu pengelolaan tanah terhadap besarnya erosi dari lahan yang diolah (Purnomo, 2019). Penetapan nilai P dapat mengacu kepada Arsyad (2010).

### e) Penetapan Tingkat Bahaya Erosi (TBE)

Nilai TBE adalah perbandingan antara besarnya erosi yang membahayakan keberlanjutan produktivitas tanah dengan erosi yang diperbolehkan atau berbanding lurus dengan faktor pembentukan tanah (Nurmani *et al.*, 2016). Oleh karena itu, sebelum penetapan IBE, maka dilakukan penetapan laju erosi yang dapat ditoleransi/*tolerable erosion* (T) yang ditentukan melalui panduan penetapan nilai T untuk tanah-tanah di Indonesia (Arsyad, 2010).

Indeks Bahaya Erosi (IBE) ditentukan dengan melakukan perbandingan antara prediksi erosi (A) dengan erosi yang dapat ditoleransi (T) menggunakan persamaan Hammer (1981) sebagai berikut:

$$IBE = \frac{A}{T}$$

Keterangan:

- A = Besarnya tanah yang tererosi (ton/ha/tahun)
- T = Erosi yang dapat ditoleransi (ton/ha/tahun)

Setelah mendapatkan nilai indeks bahaya erosi (IBE), kriteria penetapan IBE ditentukan dengan tabel berikut.

Tabel 9. Kriteria Penetapan Indeks Bahaya Erosi

Kelas	Nilai Indeks Bahaya Erosi	Tingkat Bahaya Erosi
1	<1	Rendah
2	1,01-4,00	Sedang
3	4,01-10,00	Tinggi
4	>10,00	Sangat Tinggi

Sumber: Hammer (1981) dalam Arsyad (2010)

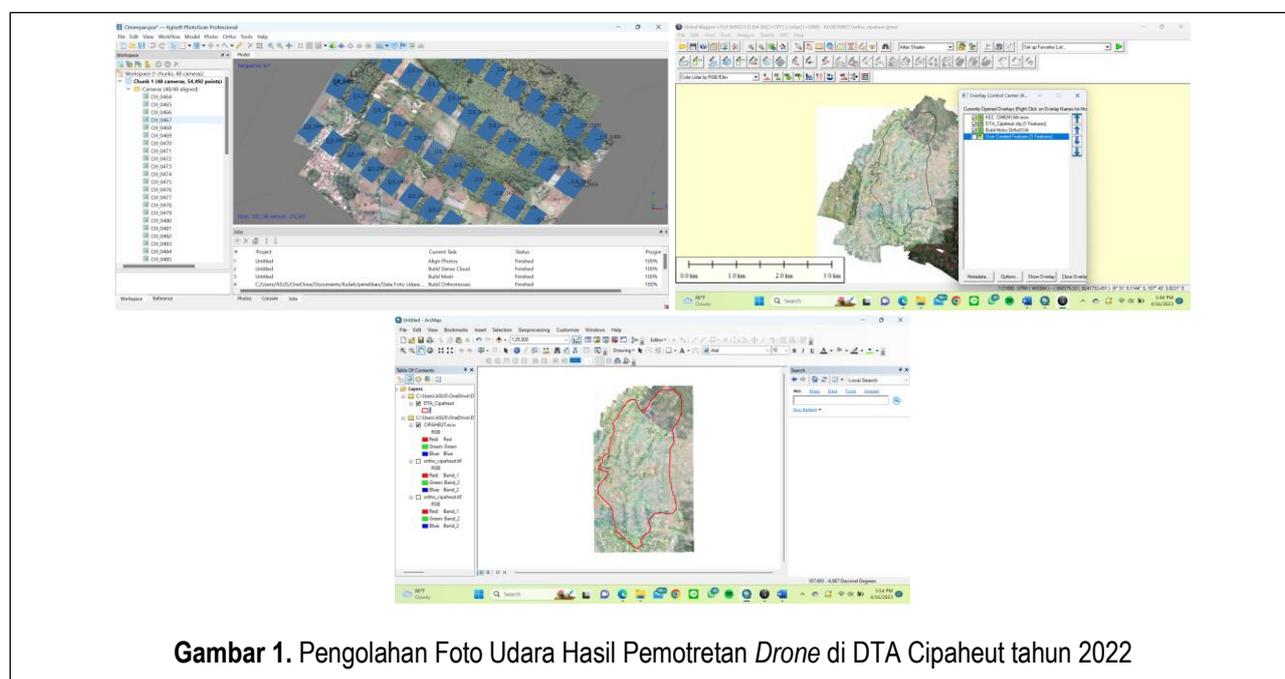
### 3. Hasil

#### 3.1 Pemanfaatan Drone untuk Pembuatan Peta Penggunaan Lahan dan Kemiringan Lereng

Peta penggunaan lahan dibuat dari pengolahan data foto udara hasil pemotretan *drone*. Foto udara yang didapat dari pemotretan *drone* yang terbang di ketinggian 120 m dpl selama 147 menit 36 detik berjumlah 3137 buah foto dengan luas *Area of Interest* (AoI) sebesar 407 hektar. Foto-foto tersebut kemudian diolah dan digabung dengan aplikasi Agisoft PhotoScan Professional yang menghasilkan *orthophoto mosaic*.

Tabel 1. Hasil Identifikasi Penggunaan Lahan melalui *Orthophoto*

No.	Jenis Penggunaan Lahan	Luas	
		Ha	%
1	Tegalan	193,56	86,00
2	Kebun	8,63	3,83
3	Hutan	1,70	0,76
4	Semak belukar	11,96	5,31
5	Sawah	0,48	0,21
6	Pemukiman	9,71	4,31
7	Tanah kosong	0,72	0,32

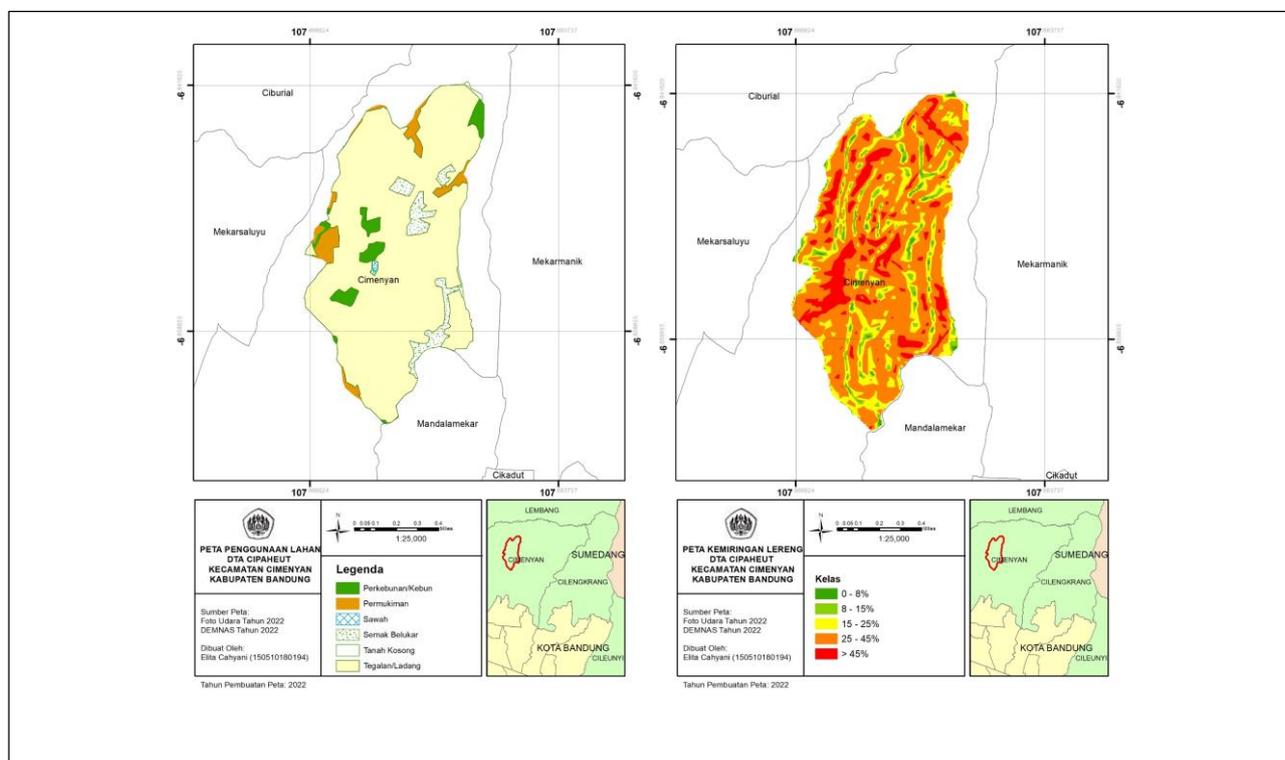


Gambar 1. Pengolahan Foto Udara Hasil Pemotretan *Drone* di DTA Cipaheut tahun 2022

Peta kemiringan lereng dibuat dari pengolahan data foto udara hasil pemotretan *drone*. Foto udara diolah menjadi data *Digital Elevation Model* (DEM) dengan menggunakan perangkat lunak Agisoft Photoscan Professional. Setelah itu, data diolah di perangkat lunak ArcGIS dengan hasil pada Gambar 2.

Tabel 2. Hasil Identifikasi Kemiringan Lereng melalui DEM

No.	Kelas Kemiringan Lereng	Luas	
		Ha	%
1	0-8%	2,89	1,32
2	8-15%	12,32	5,62
3	15-25%	44,35	20,23
4	25-45%	130,74	59,64
5	>45%	28,93	13,20



Gambar 2. Peta Penggunaan Lahan dan Kemiringan Lereng di DTA Cipaheut

### 3.2 Faktor Erosivitas Hujan (R)

Data curah hujan yang digunakan merupakan data tahun 2012 sampai 2021 yang didapat dari Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga (DSDM) Kota Bandung pada Stasiun Klimatologi Kayu Ambon. Nilai R dari data curah hujan di DTA Cipaheut Tahun 2012-2021 dapat dilihat pada Tabel 3.

### 3.3 Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Penetapan erodibilitas menggunakan persamaan menurut Wischmeier *et al.* (Persamaan 2). Nilai erodibilitas tanah tertinggi terdapat pada SPL 8 sebesar 0,24 sedangkan nilai yang paling rendah terdapat pada SPL 2 sebesar 0,05.

Tabel 3. Data Erosivitas Hujan Tahun 2012-2021 di DTA Cipaheut Sub DAS Cikapundung Hulu

Bulan	Jumlah Curah Hujan (cm)	Jumlah Hari Hujan (hari)	Jumlah Hujan Maksimum (cm)	Erosivitas Hujan (KJ/Ha)
Januari	25,294	22,4	5,20	169,51
Februari	25,574	20,9	5,02	174,19
Maret	28,026	24,4	5,90	197,11
April	21,112	18,1	9,80	210,67
Mei	13,413	13,7	5,75	104,56
Juni	6,105	7,5	4,95	49,46
Juli	3,925	5,2	6,80	40,73
Agustus	3,225	4	2,95	23,34
September	5,305	6,3	3,40	37,11
Oktober	11,565	8,8	6,30	112,94
November	29,55	18,2	9,50	310,47
Desember	27,644	20,3	9,50	272,07
Jumlah				1.702,16

Sumber: Stasiun hujan Kayu Ambon, Bandung

Tabel 4. Hasil Analisis Parameter Erodibilitas Tanah

SPL	Bahan Organik (%)	M	Skor Struktur	Permeabilitas		Erodibilitas Tanah (K)	Kelas
				Nilai (cm/jam)	Kelas		
1	0,99	875	1	1,52	5	0,08	Sangat rendah
2	0,75	777	1	3,22	4	0,05	Sangat rendah
3	1,97	1.908	2	2,16	4	0,17	Rendah
4	0,75	1.140	2	1,51	5	0,14	Rendah
5	0,25	1.092	2	6,87	3	0,09	Sangat rendah
6	1,17	2.150	3	8,05	3	0,22	Sedang
7	0,74	1.925	1	4,59	4	0,16	Rendah
8	1,27	3.024	1	11,95	3	0,24	Sedang

### 3.4 Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Berdasarkan kelas kemiringan lereng, nilai faktor LS berkisar antara 1,2 hingga 9,5 (Tabel 5). DTA Cipaheut didominasi oleh kelas lereng curam 25-45% dengan nilai LS 9,50. Nilai LS terkecil yaitu pada SPL 8 dengan nilai 1,20 pada kemiringan lereng landai 14%.

Tabel 5. Hasil Analisis Parameter Kemiringan Lereng

Satuan Peta Lahan (SPL)	Luasan (Ha)	Kemiringan lereng (%)	Faktor LS
1	1,70	17%	4,25
2	7,51	30%	9,50
3	3,66	20%	4,25
4	11,11	43%	9,50
5	156,74	20%	4,25
6	2,35	40%	9,50
7	15,41	43%	9,50
8	12,74	14%	1,20

### 3.5 Faktor Pengelolaan Tanaman (C)

Berdasarkan hasil analisis *orthophoto* yang didukung dengan hasil observasi di lapangan, diperoleh bahwa tutupan lahan pada lokasi penelitian ini didominasi oleh tegalan tanaman hortikultura. Hasil klasifikasi pengelolaan tanaman setiap SPL ditunjukkan pada Tabel 6. Sebagian besar pengelolaan tanaman termasuk ke dalam tegalan tidak dispesifikasi. Tegalan tidak dispesifikasi merupakan tegalan/lahan kering yang ditanami oleh beragam tanaman semusim (Yudono, 2020). Berdasarkan hasil wawancara dengan petani di DTA Cipahcut Desa Cimenyan, mereka terbiasa untuk menanam tanaman hortikultura dengan jenis yang berbeda antar musimnya.

Tabel 6. Hasil Analisis Parameter Pengelolaan Tanaman

SPL	Tutupan Lahan	Klasifikasi Tanaman	Pengelolaan	Nilai Faktor C
1	Pinus + kopi	Hutan alam serasah kurang		0,005
2	Kentang + lemon	Tegalan tidak dispesifikasi		0,7
3	Jeruk + alpukat	Kebun campuran		0,2
4	<i>Cynodon dactylon</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Mimosa pudica</i>	Semak belukar		0,3
5	Jagung + sawi putih	Tegalan tidak dispesifikasi		0,7
6	Bawang merah	Tegalan tidak dispesifikasi		0,7
7	Cabai + kol	Tegalan tidak dispesifikasi		0,7
8	<i>Ageratum conyzoides</i> , <i>Bidens pilosa</i> , pisang	Semak belukar		0,3

### 3.6 Faktor Tindakan Konservasi (P)

Berdasarkan identifikasi melalui observasi lapang dan *orthophoto* diperoleh bahwa pada lokasi penelitian terdapat tindakan konservasi tanah teras tradisional, Pengolahan tanah dan penanaman menurut garis kontur kemiringan 9-20%, dan tanpa tindakan konservasi.

Tabel 7. Hasil Analisis Parameter Tindakan Konservasi

Satuan Peta Lahan (SPL)	Tindakan Konservasi	Faktor P
1	Pengolahan tanah dan penanaman menurut garis kontur kemiringan 9-20%	0,75
2	Teras tradisional	0,4
3	Teras tradisional	0,4
4	Tanpa tindakan konservasi	1,0
5	Teras tradisional	0,4
6	Teras tradisional	0,4
7	Teras tradisional	0,4
8	Teras tradisional	0,4

### 3.7 Laju Prediksi Erosi (A)

Kegiatan evaluasi erosi dapat dilakukan untuk dua tujuan, diantaranya untuk menentukan kemungkinan jumlah erosi yang akan terjadi pada suatu areal (erosi potensial, prediksi erosi, indeks bahaya erosi, ancaman erosi) serta untuk menentukan besarnya erosi atau besarnya erosi yang sudah terjadi pada suatu area lahan (Arsyad, 2010). Dalam penelitian ini dilakukan kegiatan bentuk/tujuan pertama.

Tabel 8. Perhitungan Laju Prediksi Erosi (Aktual) pada SPL

SPL	Kelas Lereng (%)	Nilai Faktor Penyebab Erosi					Prediksi Erosi (A) (ton/ha/tahun)
		R	K	LS	C	P	
1	17%	1.702,15	0,08	4,25	0,005	0,75	2,31
2	30%	1.702,15	0,05	9,5	0,7	0,4	238,66
3	20%	1.702,15	0,17	4,25	0,2	0,4	100,98
4	43%	1.702,15	0,14	9,5	0,3	1	694,74
5	20%	1.702,15	0,09	4,25	0,7	0,4	187,76
6	40%	1.702,15	0,22	9,5	0,7	0,4	984,56
7	43%	1.702,15	0,16	9,5	0,7	0,4	733,61
8	14%	1.702,15	0,24	1,2	0,3	0,4	58,30

### 3.8 Tingkat Bahaya Erosi

Tingkat bahaya erosi dinyatakan dengan indeks bahaya erosi yang ditetapkan oleh Hammer (1981) yang didasarkan pada perbandingan antara prediksi erosi (A) dan nilai *tolarable erosion* (T). Nilai T diperoleh dari panduan penetapan nilai T untuk tanah-tanah di Indonesia. Berdasarkan analisis nilai T pada setiap SPL dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai Tingkat Bahaya Erosi pada SPL

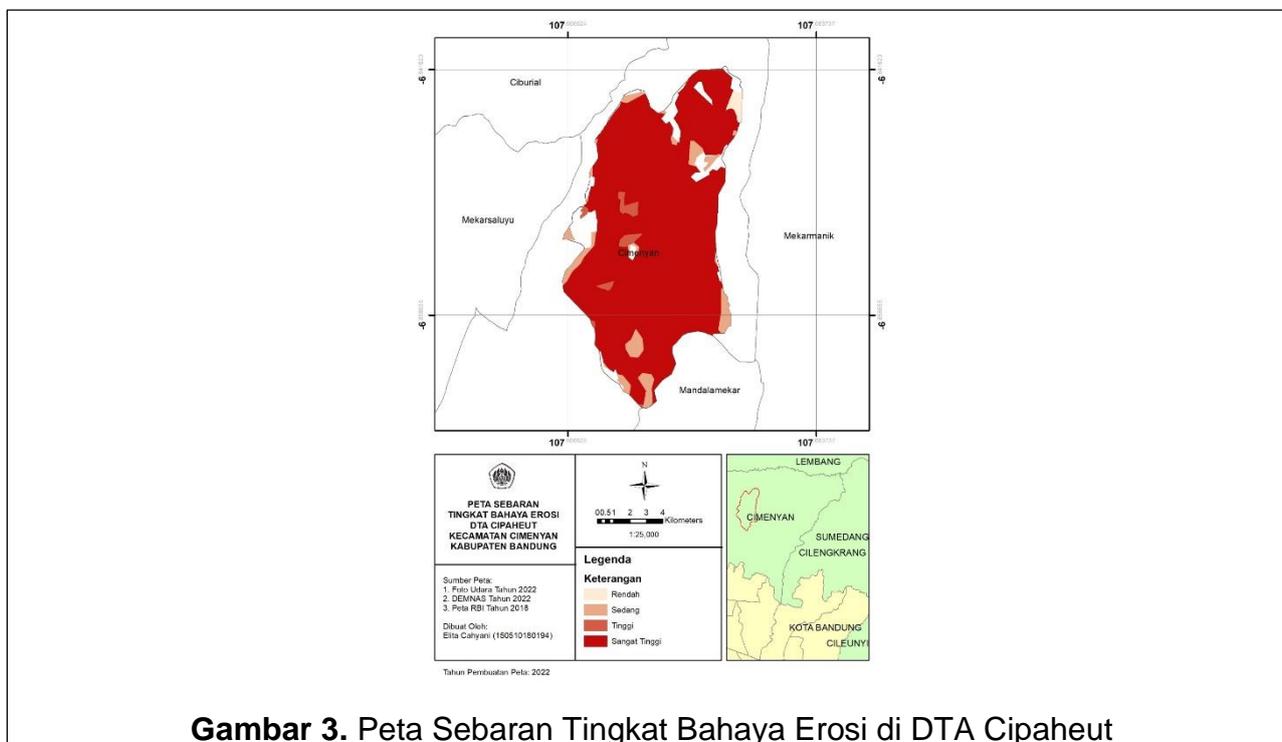
SPL	Prediksi Erosi (A) (ton/ha/tahun)	<i>Tolarable Erosion</i> (T)		Indeks Bahaya Erosi (ton/ha/tahun)	Tingkat Bahaya Erosi
		mm	(ton/Ha/tahun)		
1	2,31	1,6	19,2	0,12	Rendah
2	238,66	1,2	14,4	16,57	Sangat tinggi
3	100,98	1,4	16,8	6,01	Tinggi
4	694,74	1,6	19,2	36,18	Sangat tinggi

5	187,76	1,2	14,4	13,04	Sangat tinggi
6	984,56	0,8	9,6	102,56	Sangat tinggi
7	733,61	1,2	14,4	50,95	Sangat tinggi
8	58,30	2,0	24,0	2,43	Sedang

Tabel 10. Rekapitulasi Luasan Lahan Berdasarkan Tingkat Bahaya Erosi di DTA Cipaheut

No.	Kategori TBE	Luas	
		Ha	%
1	Rendah	1,70	0,80
2	Sedang	12,74	6,03
3	Tinggi	3,66	1,73
4	Sangat tinggi	193,12	91,43
Jumlah		211,22	100

Sebaran tingkat bahaya erosi digambarkan dalam gambar 3.



Gambar 3. Peta Sebaran Tingkat Bahaya Erosi di DTA Cipaheut

#### 4. Pembahasan

Penelitian ini dilakukan di Daerah Tangkapan Air (DTA) Cipaheut Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikapundung Hulu yang secara administrasi berlokasi di Desa Cimenyan, Kecamatan Cimenyan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. *Orthophoto* hasil pemotretan *drone* dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang di antaranya bidang perencanaan, survei dan pemetaan, dan pekerjaan rekayasa lainnya (Suharsana, 1999 dalam Purnomo, 2019). Penggunaan *orthophoto* sangat membantu untuk mempermudah melihat kondisi umum lokasi penelitian secara faktual. *Orthophoto* dapat digunakan untuk pemetaan ancaman erosi secara detil. Melalui *orthophoto* tersebut dapat diidentifikasi jenis tutupan lahan (faktor C) dan pengolahan lahan atau teknik konservasi (faktor P) yang diterapkan. Hasil identifikasi penggunaan lahan pada *orthophoto* dalam penelitian ini adalah tegalan, semak belukar, kebun, hutan, sawah, pemukiman, dan tanah kosong. Rekapitulasi luas

lahan berdasarkan jenis tutupan lahannya dapat dilihat pada Tabel 1. DEM presisi dihasilkan dari proses *filtering* dengan melakukan analisa spasial digital menggunakan *tools 3D Spatial Analyst*. Analisis kemiringan lereng yang digunakan terhadap DEM yaitu *slope*. DEM yang dihasilkan menunjukkan adanya variasi kelas kemiringan lereng dari datar (0-8%) hingga sangat curam (>45%). DTA Cipaheut didominasi oleh kemiringan lereng curam 25-45% (Tabel 2).

DTA Cipaheut memiliki fungsi hidrologis dalam menjaga ketersediaan air di Sub DAS Cikapundung Hulu, DAS Citarum. Menurut Farida (2005), fungsi hidrologis daerah tangkapan air ialah untuk mengalirkan air, menyangga kejadian curah hujan tinggi, secara bertahap dalam melepaskan air, menjaga kualitas air, dan mengurangi penghancuran agregat tanah (*detachment*). Berdasarkan analisis data curah hujan pada stasiun Kayu Ambon, didapatkan nilai R sebesar 1702,16 KJ/Ha dengan curah hujan bulanan rata-rata adalah 167,28 mm/bulan. Menurut Arsyad (2010), besarnya curah hujan menentukan kekuatan hujan melepas partikel-partikel tanah, besarnya limpasan permukaan (*run off*), dan besarnya kerusakan erosi yang terjadi. Aliran permukaan yang meningkat akan memicu erosi tanah yang meningkat pula.

Berdasarkan hasil analisis di laboratorium, diperoleh bahwa DTA Cipaheut memiliki tekstur tanah yang sebagian besar adalah tekstur liat. Tekstur tanah mempengaruhi derajat perkolasi stabilitas tanah. Semakin halus butiran partikel tanah maka ukuran pori tanah semakin kecil, sehingga jarak antar butir semakin rapat. Hardjowigeno (2010) mengatakan bahwa tekstur liat memiliki pori-pori total yang lebih tinggi dibandingkan dengan tekstur pasir sehingga mampu menampung air dan mengurangi perkolasi. SPL 8 dengan tekstur lempung liat berdebu memiliki nilai M yang paling tinggi karena presentase fraksi liat yang lebih rendah daripada SPL lainnya, sehingga air mengalami infiltrasi dan perkolasi yang lebih cepat.

Faktor topografi yang mempengaruhi erosi ialah panjang lereng dan kemiringan lereng (LS). Kedua faktor tersebut berpengaruh pada respon tanah terhadap presipitasi, volume, dan limpasan permukaan yang menyebabkan erosi. Berdasarkan Tabel 5, keadaan topografi yang sebagian besar merupakan lereng curam mengakibatkan lahan di DTA Cipaheut memiliki potensi erosi yang tinggi. Kemiringan lereng sangat mempengaruhi kecepatan limpasan permukaan. Aliran air memiliki dampak besar terhadap erosi dalam proses *detachment* dan *transportation* partikel-partikel tanah dari suatu tempat menuju tempat di bawahnya (Banuwa, 2013).

Berdasarkan analisis *orthophoto* yang didukung dengan observasi di lapangan, diperoleh bahwa tutupan lahan pada lokasi penelitian ini didominasi oleh tegalan tanaman hortikultura. Faktor pengelolaan tanaman yang terendah dalam penelitian ini adalah tutupan lahan hutan dengan vegetasi pinus dan kopi memiliki nilai 0,05 lalu tutupan lahan kebun campuran tumpang sari jeruk dan alpukat sebesar 0,2, sedangkan nilai faktor pengali terbesar terdapat pada jenis tegalan tidak dispesifikasi sebesar 0,7. Masing-masing macam tanaman memiliki kemampuan menahan laju erosi yang berbeda (Utomo, 1994 *dalam* Lanyala, 2016). Hal tersebut disebabkan oleh hal-hal yang mempengaruhi tingkat efektivitas tanaman dalam mengurangi laju erosi seperti tinggi dan lebar tajuk tanaman, hasil bahan organik, sistem perakaran, serta kerapatan tanaman. Kebun campuran dengan komoditas jeruk dan alpukat memiliki tajuk yang lebar sehingga dapat menghambat jatuhnya air hujan ke permukaan tanah, sedangkan pada tegalan dengan komoditas tanaman hortikultura memiliki tajuk yang relatif lebih kecil. Tutupan lahan kebun campuran memiliki vegetasi yang lebih rapat dibandingkan dengan tegalan, hal ini mengurangi dampak langsung butir air hujan menumbuk tanah sehingga potensi erosi berkurang.

Tindakan konservasi tanah merupakan usaha yang diterapkan dalam kegiatan pengelolaan tanah. Tujuan penerapan tindakan konservasi tanah ialah untuk mengendalikan dan menanggulangi besarnya laju erosi tanah. Arsyad (2010) mengatakan bahwa pendekatan konservasi tanah ialah sebagai berikut: (1) menutup tanah dengan tanaman atau sisa-sisa tanaman untuk melindunginya dari percikan air hujan, (2) memperbaiki dan mempertahankan kondisi tanah agar tahan terhadap daya penghancuran partikel tanah yang disebabkan oleh *run off*, (3) mengatur kecepatan aliran permukaan supaya tidak merusak dan meningkatkan jumlah air yang terinfiltrasi ke dalam tanah. Berdasarkan Tabel 7, nilai P maksimum adalah 1,0 yang menunjukkan bahwa tidak ada tindakan konservasi tanah pada SPL tersebut. Nilai P minimum adalah 0,4 yang menunjukkan bahwa ada penerapan tindakan konservasi berupa teras tradisional. Teras tradisional yang diterapkan petani setempat berupa teras bangku yang dibuat memotong arah kontur namun secara konstruksi masih tradisional.

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 8, SPL 6 memiliki nilai prediksi erosi (A) tertinggi yaitu sebesar 984,56 ton/ha/tahun dan SPL 1 memiliki nilai A terendah sebesar 2,31 ton/ha/tahun. SPL 1 memiliki penggunaan lahan hutan alam serasah kurang dengan kemiringan lereng 17% (agak curam) sehingga memiliki nilai C yang sangat rendah daripada penggunaan lahan pada SPL lainnya. Hardjowigeno (2010) mengatakan bahwa jumlah erosi akan meningkat jika lereng semakin curam atau semakin panjang (faktor LS tinggi). Besarnya kemiringan lereng mempengaruhi tingginya *run off*, sehingga semakin curam kemiringan lereng menyebabkan aliran permukaan semakin tinggi sehingga erosi meningkat. Penggunaan lahan hutan alam memiliki kerapatan tanaman yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan lahan kebun, tegalan, dan semak belukar, sehingga mengurangi tumbukan langsung butir hujan ke permukaan tanah (Nurmani et al., 2016).

Berdasarkan perhitungan data (Tabel 9), diperoleh kelas indeks bahaya erosi pada setiap SPL yang beragam dengan tingkat bahaya erosi kedalam kelas rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi berdasarkan Hammer (1981). Indeks bahaya erosi tertinggi adalah SPL 6 dengan indeks bahaya erosi sebesar 102,56 ton/ha/tahun, sedangkan indeks bahaya erosi SPL 1 dengan indeks bahaya erosi sebesar 0,12 ton/ha/tahun. SPL 1 merupakan hutan alam bervegetasi pinus dan kopi (*agroforestry*) sehingga pada kelas lereng agak curam (17 %). Nilai TBE SPL 1 yang rendah dipengaruhi oleh nilai C yang cukup rendah (0,005). Pengelolaan tanaman multi strata (pinus dan kopi) memungkinkan tutupan tajuk tanaman lebih tinggi sehingga dapat melindungi permukaan tanah dari erosivitas hujan. Sebaran lahan yang memiliki klasifikasi tingkat bahaya erosi sangat tinggi adalah daerah yang memiliki kemiringan lereng curam (25-40%) dengan nilai faktor C dan P yang tinggi, yaitu pada tegalan dengan teras tradisional dan semak belukar tanpa tindakan konservasi. Oleh karena itu diperlukan tindakan konservasi yang tepat untuk mengurangi potensi erosi dan tingkat bahaya erosi.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *drone* sangat berperan dalam memetakan keadaani umum dan penggunaan lahan secara spasial. Informasi dari teknologi *drone* dapat memetakan penggunaan lahan dalam skala sangat detil. Selain itu *drone* mampu menyediakan sumber data aktual untuk mengidentifikasi faktor-faktor fisik yang dihitung dalam penetapan erosi metode USLE seperti LS, C, dan P dengan baik untuk perhitungan erosi. Terdapat 8 SPL dengan total lahan seluas 211,22 Ha. SPL 6 dengan penggunaan lahan tegalan dan kemiringan lereng curam memiliki nilai prediksi erosi tertinggi sebesar 984,56 ton/ha/tahun. Tingkat bahaya erosi sebagian besar SPL ialah kelas

sangat tinggi dengan nilai terbesar pada SPL 6 sebesar 102,56 ton/ha/tahun dengan penggunaan lahan tegalan.

## Daftar Pustaka

- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: Institut Pertanian Bogor Press.
- Hakim, M. A., Emawati, H., & Mujahiddin, D. E. (2021). Pemanfaatan Pesawat Tanpa Awak untuk Pemetaan dan Identifikasi Penutupan Lahan pada Kawasan Hutan Pendidikan Unmul. *Jurnal Agrifor*, XX(1), 1–14.
- Hardjowigeno, S. 2010. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Ikhwana, N., & Hapsari, D. R. (2019). Aplikasi Drone Wawasan Tani untuk Pertanian di Simpang Lima, Sungai Besar, Selangor. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*, 1(1), 99–104.
- Lanyala, A. A., Hasanah, U., & Ramlan. (2016). Prediksi Laju Erosi Pada Penggunaan Lahan Berbeda di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kawatuna Propinsi Sulawesi Tengah. *Agrotekbis*, 4(6), 633–641.
- Maria, R., & Lestiana, H. (2014). Pengaruh Penggunaan Lahan Terhadap Fungsi Konservasi Air Tanah Di Sub Das Cikapundung. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 24(2), 77. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2014.v24.85>
- Nurmani, U., Monde, A., & Rahman, A. (2016). Indeks Bahaya Erosi (IBE) pada Beberapa Penggunaan Lahan di Desa Malei Kecamatan Balaesang Tanjung Kabupaten Donggala. *Agrotekbis*, 4(2), 186–194.
- Pineux N, Lisein J, Swerts G, Bièlders CL, Lejeune P, Colinet G, Degré A. (2017). Can DEM Time Series Produced By UAV Be Used To Quantify Diffuse Erosion In An Agricultural Watershed?. *Geomorphology*, 280, 122–136.
- Purboseno, S., Bambang, A. N., Suripin, & Hadi, S. . (2013). Evaluasi Karakteristik Daerah Tangkapan Air Sebagai Acuan Kegiatan Konservasi Sumber Daya Air. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan 2013*, (i), 226–231. Retrieved from [http://eprints.undip.ac.id/40668/1/034-Sentot\\_Purboseno.pdf](http://eprints.undip.ac.id/40668/1/034-Sentot_Purboseno.pdf)
- Purnomo, M. B. D. (2019). Pemetaan Ancaman Erosi Berbasis Metode USLE dengan Pemanfaatan Teknologi UAV pada Kebun Alpukat (*Persea americana*) Desa Karyasari, Leuwiliang, Bogor.
- Sinaga, J. (2014). Analisis Potensi Erosi pada Penggunaan Lahan Daerah Aliran Sungai Sedau di Kecamatan Singkawang Selatan. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2(1), 1–10. <http://dx.doi.org/10.26418/jtllb.v2i1.7306>
- Sutapa, I. W. (2010). Analisis Potensi Erosi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) di Sulawesi Tengah. *SMARTek*, 8(3), 169–181. Retrieved from <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/SMARTEK/article/view/637%0Ahttp://www.jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/.../554>
- Sutrisna, N., Sitorus, S. R. ., & Subagyo, K. (2010). Tingkat Kerusakan Tanah di Hulu Sub DAS Cikapundung Kawasan Bandung Utara. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 32, 71–82.
- Utomo, B. (2018). Drone Untuk Percepatan Pemetaan Bidang Tanah. *Media Komunikasi Geografi*, 18(2), 146–155. <https://doi.org/10.23887/mkg.v18i2.12798>

Yuliar, R. B., & Syaodih, E. (2021). Kajian Penyimpangan Pola Ruang Kecamatan Cimenyan terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bandung dan Pedoman Pengendalian Kawasan Bandung Utara. *Prosiding Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 7(1), 297–304. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.29313/pwk.v7i1.26489>