
**PEMETAAN KERAWANAN LONGSOR MENGGUNAKAN DATA SISTEM INFORMASI
GEOGRAFIS DI DAERAH ALIRAN SUNGAI LILIBA**

**Luisa M. Manek, Yofris Puay¹, Melkianus Pobas², Laurentius D. W. Wardhana³, Yakub Benu⁴,
Dina T. Kusumawardhani⁵, Adrin, Yonisius Gido⁶**

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Kehutanan, Politeknik Pertanian Negeri Kupang
e-mail: orispuay@yahoo.com

ABSTRAK

Daerah Aliran Sungai (DAS) Liliba memiliki luas 4557,7 Ha, terletak di dua kabupaten yaitu Kota Kupang dan Kabupaten Kupang dan meliputi 5 kecamatan dengan topografi berlereng curam seluas 528,2 ha. Karena kondisi lereng yang cukup curam inilah maka lokasi-lokasi di DAS Liliba secara umum rentan terhadap bahaya longsor. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kerawanan longsor di DAS Liliba dan selanjutnya memetakannya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisis spasial dengan menggunakan Data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Analisis dilakukan melalui scoring terhadap parameter-parameter sesuai dengan standar Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi/DVMBG (2004) terhadap parameter Curah Hujan sebesar 30%, Parameter Geologi/batuan induk sebesar 20%, Parameter Jenis Tanah sebesar 20%, Parameter Penggunaan Lahan sebesar 15% dan Parameter Kelerengan sebesar 15%. Klasifikasi akhir dengan menentukan analisis skor dilakukan berupa 4 kelas kerawanan dengan penentuan klasifikasi yaitu rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Hasil Analisis menunjukkan bahwa Tingkat Bahaya Longsor di DAS Liliba didominasi oleh tingkat kerawanan sedang dengan luas 2.014,55 ha (44,21% dari total luas DAS Liliba), tingkat kerawanan longsor tinggi dengan luas 1.800,09 ha (39,50% dari total luas DAS Liliba), tingkat kerawanan longsor rendah dengan luas 522,16 ha (12,18% dari total luas DAS Liliba), dan tingkat kerawanan sangat tinggi luasnya 183,35 ha (4,11% dari total luas DAS Liliba).

Kata Kunci: *Pemetaan, Kerawanan Longsor, DAS Liliba*

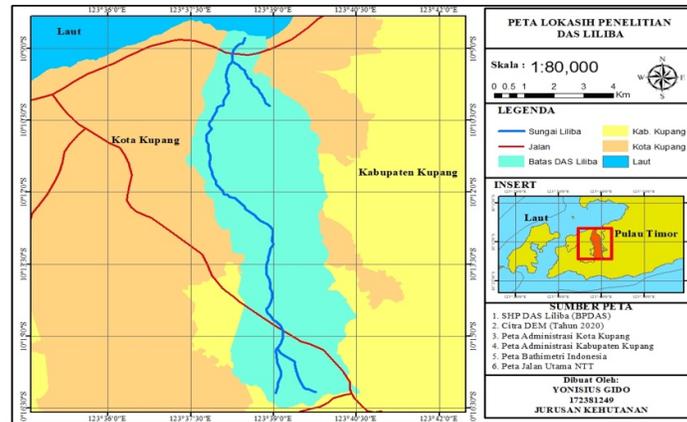
PENDAHULUAN

Indonesia memiliki kondisi alam yang tergolong rawan akan bencana alam seperti gempa bumi dan tanah longsor. Namun, bencana yang hampir terjadi di setiap wilayah di Indonesia terutama saat intensitas hujan tinggi yaitu bencana tanah longsor dikarenakan sekitar 45% luas lahan di Indonesia umumnya pegunungan berlereng yang sangat peka terhadap tanah longsor dan erosi (Susolo, 2008). Menurut Nugroho, J.A. dkk (2006), beberapa parameter yang menyebabkan terjadinya tanah longsor antara lain iklim (curah hujan), kemiringan lereng, penggunaan lahan dan jenis tanah. Bahaya longsor akan terjadi pada saat intensitas hujan yang tinggi, seperti yang terjadi pada bulan April 2021 lalu terjadi bencana alam yang besar (Badai Seroja) berupa angin kencang, intensitas hujan yang tinggi, dan tanah longsor yang mengakibatkan masyarakat kota Kupang mengalami kerugian. Lahan yang mengalami bencana tanah longsor secara berlebihan menyebabkan kondisi DAS menjadi kritis karena siklus hidrologi tidak dapat berjalan dengan baik. Daerah Aliran Sungai (DAS) Liliba merupakan salah satu DAS yang terletak di Kabupaten Kupang dan Kota Kupang. Secara administrasi terletak di 5 wilayah kecamatan yaitu Kecamatan Nekamese, Kecamatan Maulafa, Kecamatan Oebobo, Kecamatan Taebenu dan Kecamatan Kelapa Lima. Dilihat dari segi topografi, ada beberapa wilayah di DAS Liliba yang berpotensi rawan akan bencana tanah longsor karena di daerah ini memiliki lokasi yang bertopografi curam. Untuk itu, perlu dilakukan Pemetaan Kerawanan Longsor menggunakan Sistem Informasi Geografis di Daerah Aliran Sungai (DAS) Liliba sebagai tolak ukur untuk upaya penanganan dini bencana longsor ke depan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kerawanan longsor di DAS Liliba dengan menggunakan data sistem informasi geografis dan untuk memetakan kerawanan longsor tingkat Desa di DAS Liliba dengan menggunakan data Sistem Informasi Geografis.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Liliba merupakan salah satu DAS yang terletak di Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur (NTT). Berdasarkan surat keputusan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor: SK.304/MENLHK/PDASHL/DAS.0/7/2018 tentang penetapan peta Daerah Aliran Sungai (DAS), luas DAS Liliba sebesar 4.557,7 Ha. Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan yakni dari bulan Oktober 2021-Desember 2022. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi DAS Liliba

Alat dan Bahan

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian antara lain: 1 Buah laptop yang sudah terinstal aplikasi ArcGis 10.3, *Global Positioning System* (GPS), kamera digunakan untuk dokumentasi kegiatan penelitian, *abney level* dan alat tulis menulis. Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain: peta lokasi DAS Liliba, data curah hujan 10 tahun terakhir, data citra DEM wilayah DAS Liliba, citra landsat 8 (2020) wilayah DAS Liliba, peta jenis tanah, peta tata guna lahan dan peta jenis batuan.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui Teknik observasi untuk pengamatan daerah kemiringan lereng DAS Liliba, metode survey langsung untuk mengambil sampel atau titik sesuai dengan peta kelas kerawanan longsor yaitu berjumlah 8 titik yang akan menjadi acuan.

Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel menggunakan metode purposive sampling berupa pengambilan sampel atau sumber data dengan pertimbangan tertentu seperti waktu, tenaga, dan biaya (Sugiyono, 2016). Pengambilan sampel dapat dilakukan pada masing-masing kelas klasifikasi tingkat rawan longsor dengan minimal 1 sampel, tapi dalam penelitian ini diambil 2 sampel sebagai pembandingan untuk mengamati kondisi lapangan.

Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data meliputi konversi peta. Kegiatan konversi peta dimaksudkan agar peta analog/bentuk raster terkonversi menjadi peta digital/vektor (shp) yang lazim dinamakan digitasi. Pengolahan data berupa konversi peta yang dilakukan terdiri dari: pembuatan peta kemiringan lereng, peta curah hujan, peta tata guna lahan, peta jenis tanah dan peta geologi. Klasifikasi dan skoring masing-masing parameter berdasarkan Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat (Puslittanak), tahun 2004.

Teknik Analisis Data

Pengolahan data dilakukan menggunakan data dari masing-masing parameter melalui perangkat lunak ArcGIS 10.3. Tahapan pengolahan data yang dilakukan, yaitu: pembuatan *query* (perintah pengambilan dan analisis data), lalu dianalisis menggunakan metode tumpang susun tindih atau *overlay* terhadap peta-peta parameter (kemiringan lereng curah hujan, penggunaan lahan dan jenis tanah) untuk memperoleh peta kerawanan longsor. Dari hasil tumpang tindih tersebut dilakukan perhitungan nilai bobot (*weight value*) dengan menggunakan metode/modifikasi DVMBG (Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2004). Perhitungan Skor = (30 % x faktor kelas curah hujan) + (20 % x faktor kelas jenis tanah) + (20% x Faktor Geologi) + (15% x penggunaan lahan) + (15 % x faktor kelas lereng). Klasifikasi akhir dengan menentukan analisis skor berupa 4 kelas kerawanan longsor yaitu rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi berdasarkan jumlah skor akhir. Semakin besar jumlah skor maka semakin tinggi tingkat kerawanan. Penentuan selang skor: Skor tertinggi – Skor terendah

Jumlah Kelas Klasifikasi

Lalu akan di zonasikan dan menghasilkan peta kelas kerawanan tanah longsor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Survei Lapangan

Survey di lapangan dilakukan untuk memastikan keadaan pada peta dengan keadaan sebenarnya di lapangan. Berdasarkan hasil survey terdapat 4 kelas kerawanan longosor di daerah aliran sungai Liliba yaitu kategori rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Kemudian diambil 2 titik untuk masing-masing kelas kerawanan longosor sehingga jumlah titik yang diperoleh adalah 8 titik, yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil survey lapangan

No	Tingkat Rawan	Titik Koordinat	Kemiringan	Jenis Tanah	Jenis Batuan	Penggunaan Lahan	Lokasi	
1	Sedang	Titik 1.	10° 9'6.29" S 123° 38'27.84"E	10 %	Litosol Eutrik	Koral	Lahan Pertanian berupa tanaman ubi kayu	Kelurahan Oespa Selatan
		Titik 2	10° 13'16.31"S 123° 38'57.58"E	10%	Renzina	Batu gamping marl	Tundra semak Belukar	Desa Oelmasi
2	Rendah	Titik 1	10° 10'24.81"S 123° 38'47.88"E	1%	Kambisol Ustik	Lempung	Tundra Rumpunan	Kelurahan Koluha
		Titik 2	10° 15'21.39"S 123° 39'17.32"E	2%	Kambisol Ustik	Marl batu gamping	Lahan Pertanian	Desa Oelomin
3	Tinggi	Titik 1	10° 11'8.57"S 123° 37'57.49"E	43%	Kambisol Eutrik	Lempung	Hutan	Baumata Barat
		Titik 2	10° 12'6.75"S 123° 38'22.13"E	39%	Litosol Eutrik	Lempung	Tundra Rumpunan	Kelurahan Koluhua
4	Sangat Tinggi	Titik 1	10° 9'57.05"S 123° 38'6.98"E	60%	Kambisol Ustik	koral	Tundra Semak belukar	Kelurahan Naimata

**Seminar Nasional Politani Kupang Ke-5
Kupang, 07 Desember 2022**

Titik 2	10° 12' 13.28"S 123° 38' 58.08"E	65%	Renzina	Koral	Hutan	Tunfeu Nekamese
---------	-------------------------------------	-----	---------	-------	-------	--------------------

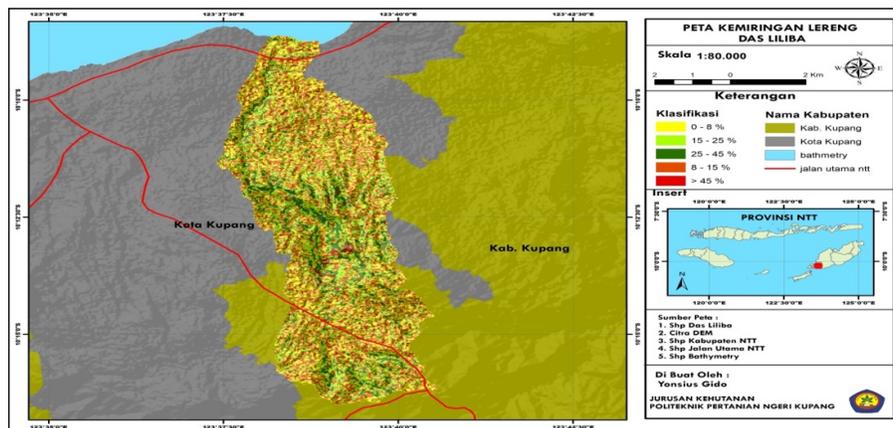
Kemiringan Lereng

Hasil analisis Daerah Aliran Sungai (DAS) Liliba memiliki tingkat kemiringan lereng dari datar hingga sangat curam, yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kemiringan Lereng Hasil Analisis Data DEM

No.	Kelas Kelerengan	Keterangan	Skor	Nilai Bobot	Total bobot	Luas/Ha	Persentase (%)
1.	0-8%	Datar	1	0,15	0,15	1145,04	25,12 %
2.	8-15%	Landai	2	0,15	0,3	1619,10	35,52 %
3.	15-25%	Agak curam	3	0,15	0,45	1265,36	27,76 %
4.	25-45%	Curam	4	0,15	0,6	496,94	10,90 %
5.	>45%	Sangat curam	5	0,15	0,75	31,26	0,69 %
Total Luas						4557,7	

Berdasarkan hasil analisis menggunakan data DEM kemiringan yang paling mendominasi di DAS Liliba yaitu landai yang meliputi 35,52% dari luas wilayah dengan total luas 1619,10 Ha, sedangkan untuk luas yang paling terkecil di dominasi oleh kemiringan sangat curam yang meliputi 0,69 % dari luas wilayah dengan total luas 31,26 Ha. Peta kemiringan lereng DAS Liliba disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta kemiringan lereng di DAS Liliba

Jenis Tanah

Hasil yang diperoleh DAS Liliba memiliki empat jenis tanah yaitu kambisol eutrik, kambisol ustik, litosol eutrik, dan rensina. Hasil analisis jenis tanah disajikan pada Tabel 3.

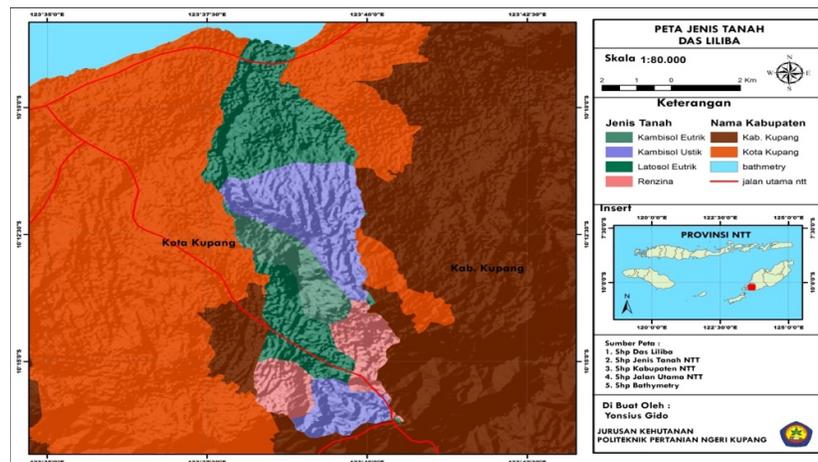
Tabel 3. Hasil Analisis Jenis Tanah

No	Jenis Tanah	Skor	NI Bobot	Total Tanah	Luas	Persentase(%)
1	Kambisol Eutrik	1	0,2	0,2	409,99	10,97 %

**Seminar Nasional Politani Kupang Ke-5
Kupang, 07 Desember 2022**

2	Kambisol Ustik	2	0,2	0,4	1487,97	32,65%
3	Litosol Eutrik	4	0,2	1,8	1889,92	41,47%
4	Rensina	3	0,2	1,6	680,08	14,91%
Total Luas 4557,7						

Berdasarkan analisis jenis tanah menggunakan *Arcgis map* diperoleh jenis tanah yang mendominasi di DAS Liliba yaitu Litosol eutrik meliputi 41,547 % dari luas wilayah dengan kisaran luas yaitu 1.889,92 Ha. Sedangkan untuk luas yang paling kecil terdapat pada jenis tanah Rensina meliputi 10,97 % dari luas wilayah dengan kisaran luas 409,99 Ha. Analisis peta jenis tanah disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta jenis tanah DAS Liliba

Penggunaan Lahan

Hasil analisis penggunaan lahan di peroleh dari *citra Indsat 8* untuk areal daerah DAS Liliba menggunakan 8 klasifikasi. Tabel 4 disajikan hasil analisis penggunaan lahan menggunakan *Citra Landsat 8*.

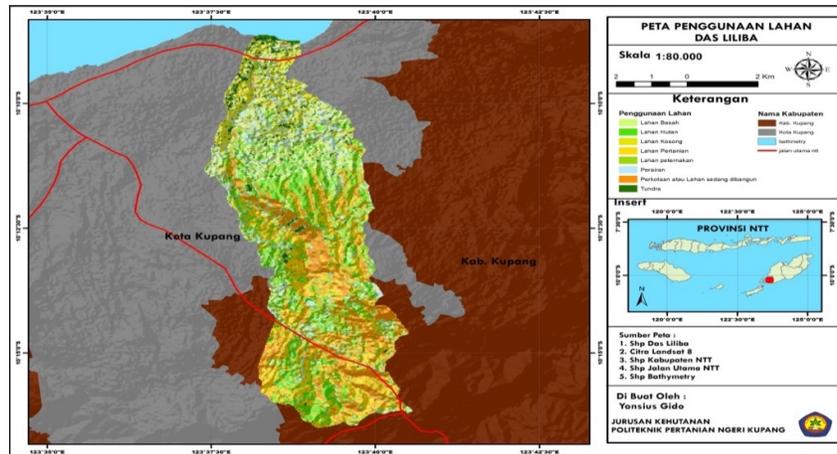
Tabel 4. Hasil Analisis Citra Landsat 8.

No	Penggunaan Lahan	Skor	Nilai Bobot	Total Penggunaan Lahan	Luas	Persentase(%)
1	Perkotaan atau lahan yang sedang di bangun	5	0,15	0,75	787,99	17,29%
2	Lahan pertanian	2	0,15	0,3	829,29	18,20%
3	Lahan peternakan	2	0,15	0,3	779,74	17,11%
4	Lahan hutan	1	0,15	0,15	647,83	14,21%
5	Perairan	3	0,15	0,45	504,84	11,08%
6	Lahan basah	3	0,15	0,45	412,99	9,06%

**Seminar Nasional Politani Kupang Ke-5
Kupang, 07 Desember 2022**

7	Lahan kosong	3	0,15	0,45	417,90	9,17%
8	Tundra	4	0,15	0,6	176,49	3,87%
Total Luas					4557,7	

Berdasarkan hasil analisis penggunaan lahan di DAS Liliba, luas yang paling tertinggi yaitu lahan pertanian meliputi 18,20% dari total luas wilayah dengan kisaran luas 829,29 Ha. Sedangkan untuk luas yang terendah didominasi oleh tundra meliputi 3,87% dari total luas wilayah dengan kisaran luas 176,49 Ha. Peta Tata Guna Lahan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Tata Guna Lahan

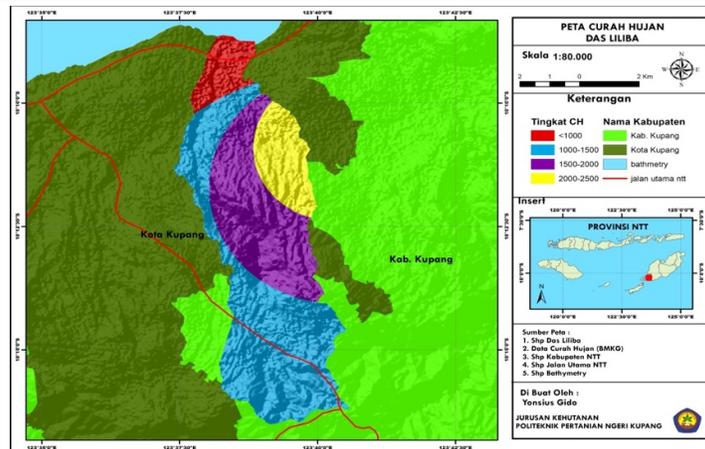
Curah Hujan

Perolehan hasil analisis curah hujan menggunakan metode *isoyed* modifikasi (DVMBG 2004) melalui data curah hujan dari stasiun BMKG Kota Kupang maka tingkatan analisis curah hujan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis Curah Hujan dengan Metode Isoyed

No	Keterangan	Tingkat CH	Skor CH	Nilai Bobot	Total CH	Luas/Ha	Persentase (%)
1	Rendah	<2000	1	0,3	0,3	352,66	7,74 %
2	Sedang	2000-2500	2	0,3	0,6	2236,58	49,07 %
3	Tinggi	2500-3000	3	0,3	0,9	1394,01	30,59 %
4	Sangat Tinggi	3000-3500	4	0,3	1,2	574,42	12,60 %
Total Luas						4557,7	

Dari hasil analisis maka perolehan luas curah hujan yang paling banyak terdapat pada tingkatan sedang meliputi 49,07 % dari total luas wilayah dengan kisaran luas 2.236,58 Ha. Perolehan curah hujan terendah terdapat pada tingkatan rendah dengan kisaran luas 352,66 Ha, atau meliputi 7,74 % dari total luas wilayah. Peta curah hujan DAS Liliba disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Curah Hujan DAS Liliba

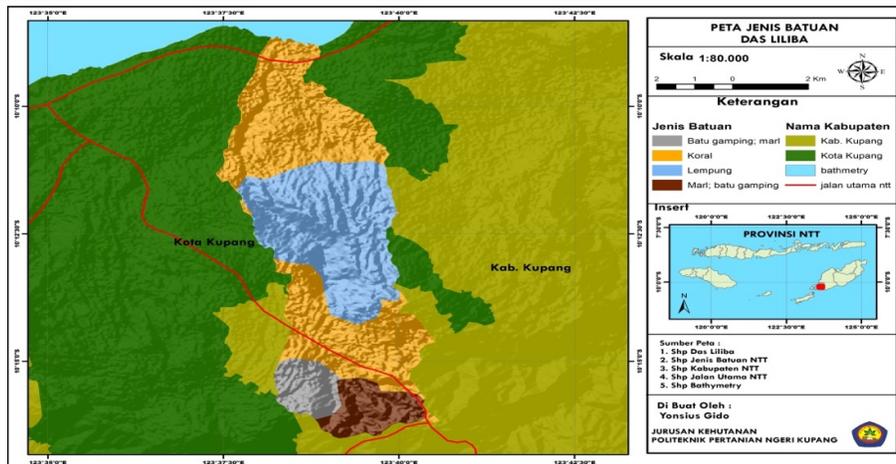
Geologi

Daerah aliran sungai Liliba memiliki 4 jenis batuan antara lain batu gamping marl, koral, lempung, yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis Jenis Batuan

No	Jenis Batuan	Skor	Bobot Batuan	Total Bobot Batuan	Luas	Persentase (%)
1	Batu Gamping, Marl	2	0,2	0,4	288,02	6,3 %
2	Koral	1	0,2	0,2	966,83	21,2 %
3	Lempung	2	0,2	0,4	581,99	12,8 %
4	Marl, Batu Gamping	2	0,2	0,4	383,77	8,4 %
5	Batu Gamping Marl	2	0,2	0,4	9,45	0,2 %
6	Koral	1	0,2	0,2	1307,34	28,7 %
7	Lempung	2	0,2	0,4	1020,30	22,4 %
					5557,7	

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh maka jenis batuan yang paling mendominasi di DAS Liliba yaitu batuan koral yang meliputi 28,7 % dari total luas wilayah dengan kisaran luas 1.307,34 Ha. Sedangkan untuk luasan yang terkecil yaitu batuan gamping marl yang meliputi 0,2 % dari total luas wilayah dengan kisaran luas adalah 9,45 Ha. Peta jenis bantuan DAS Liliba disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta Jenis Batuan DAS Liliba

Kerawanan Longsor

Analisis kerwanan losngsor menggunakan teknik overlay pada *arcghis map*, dengan menjumlahkan seluruh parameter yaitu kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, penggunaan lahan, dan geologi maka diperoleh nilai total keseluruhan dari 5 parameter, sehingga menghasilkan peluang jumlah skor yang terjadi antara 1,3-4. Analisis tingkat kerawanan longsor menggunakan metode/modifikasi DVMBG (Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2004) dan diperoleh hasil analisis tingkat kerawanan DAS Liliba yaitu kategori rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi, sehingga perolehan skor yang diambil berupa jumlah nilai total dari yang paling terkecil sampai yang paling tinggi. Dengan membagi selisih nilai tersebut kedalam 4 kelas tingkat kerawanan longsor maka perolehan interval untuk tingkat kerentanan terhadap rawan longsor yaitu 0,4 (Deliar, 2000). $ITK = (3,1-1,5)/4 = 0,4$. Mengacu pada jarak interval tersebut maka jumlah nilai untuk setiap kelas tingkat kerawanan longsor yang dianalisis disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. hasil analisis Tingkat kerawanan Tanah Longsor DAS Liliba

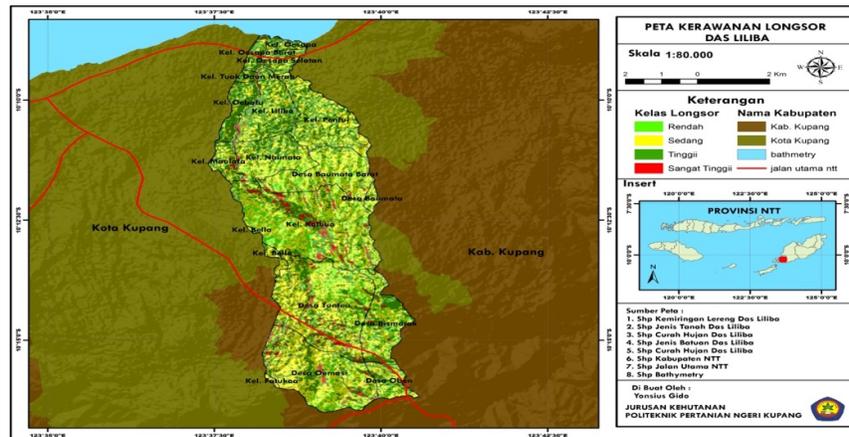
No	Tingkat Kerawanan	Interval Kelas	Luas/Ha	Persentase (%)
1	Rendah	1,5-1,9	522,16	12,18 %
2	Sedang	1,9-2,3	2014,55	44,21 %
3	Tinggi	2,3 -2,7	1800,09	39,50 %
4	Sangat Tinggi	2,7-3,1	183,35	4,11 %
Total Luas			4557,7	

Dari hasil analisis yang diperoleh dapat diketahui DAS Liliba terbagi menjadi 4 tingkatan kerawanan longsor yaitu rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi dengan nilai persentase tertinggi berada pada tingkat kerawanan sedang yaitu 44,21% dari total luas wilayah dengan kisaran luas 2.014,55 Ha, sedangkan untuk persentase terendah pada tingkat kerawanan sangat tinggi yaitu 4,11 % dari total luas wilayah dengan kisaran luas yaitu 183,35 Ha.

Pemetaan tingkat kerawanan longsor di DAS Liliba berdasarkan wilayah administrasi yaitu: 11 desa yang berbeda dikategorikan dalam kerawanan longsor rendah dengan luas tertinggi berada pada Kelurahan Kolhua Kecamatan Maulafa yaitu 197,89 Ha, 18 desa yang berbeda dikategorikan dalam kerawanan longsor sedang

Seminar Nasional Politani Kupang Ke-5
Kupang, 07 Desember 2022

dengan luas tertinggi terletak di Kecamatan Maulafa Kelurahan Kolhua memiliki kisaran luas yaitu 392,50 Ha, 18 desa yang berbeda dikategorikan dalam kerawanan longsor tinggi dengan luas yang paling tinggi berada pada Kecamatan Nekamese Desa Tunfeu dengan kisaran luas 278,24 Ha, dan 18 desa yang berbeda dikategorikan pada tingkat kerawanan longsor sangat tinggi dengan luas yang paling tertinggi berada di Kecamatan Maulafa Kelurahan Kolhua dengan kisaran luas 59,40Ha. Peta Tingkat kerawanan longsor DAS Liliba disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Peta Daerah Kerawanan Longsor DAS Liliba

KESIMPULAN

1. Tingkat kerawanan longsor daerah aliran sungai Liliba memiliki empat klasifikasi yaitu tingkat kerawanan rendah meliputi 12,18 % dari total luas wilayah, tingkat kerawanan sedang meliputi 44,21 % dari total luas wilayah, tingkat kerawanan tinggi meliputi 39,50% dari total luas wilayah, dan tingkat kerawanan sangat tinggi meliputi 4,11 % dari total luas wilayah.
2. Pemetaan tingkat kerawanan longsor DAS Liliba berdasarkan wilayah administrasi yaitu kategori rendah berada pada 11 desa dengan luas tertinggi berada di Kelurahan Kolhua dengan kisaran luas 197,89 Ha, tingkat kerawanan sedang berada di 18 desa yang berbeda dengan luas yang tertinggi terdapat di Kelurahan Kolhua dengan kisaran luas 392,50 Ha, tingkat kerawanan tinggi tergolong ke dalam 18 desa yang berbeda dengan luas yang tertinggi berada di Desa Tunfeu dengan kisaran luas 278,24 Ha, tingkat kerawanan longsor sangat tinggi terdapat di 18 Desa yang berbeda dengan tingkat kerawanan tertinggi berada di Kelurahan Kolhua dengan kisaran luas 59,40 Ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, A. 2012. *Pemetaan Daerah Rawan Longsor di Lahan Pertanian Kecamatan Sinjai Barat Kabupaten Sinjai*. Skripsi Program Studi Keteknikan Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Arifin, S. dkk. 2006. Implementasi Penginderaan Jauh dan SIG untuk Inventarisasi Daerah Rawan Bencana Longsor. *Jurnal Penginderaan Jauh LAPAN* Volume 3
- Atmojo, S. W. (2008). Peran agroforestri dalam menanggulangi banjir dan longsor DAS. In Disajikan

- dalam dalam Seminar Nasional Pendidikan Agroforestry Sebagai Strategi Menghadapi Pemanasan Global di Fakultas Pertanian
- Data Online Pusat Database-BMKG. 2021. <https://dataonline.bmkg.go.id/>. Diakses November 2021.
- Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. 2004. Model Perhitungan Skor Kawasan Rawan Tanah Longsor. Bandung.
- Dwi Priyono, Kuswaji dkk. 2006. Analisis Tingkat Bahaya Longsor Tanah di Kecamatan Banjarmangu Kabupaten Banjarnegara. Jurnal Forum Geografi, Vol 2, No.2. Surakarta. Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No.21. 2007. Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Letusan Gunung Berapi dan Gempa Bumi, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat jendral Penataan Ruang.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat (Puslittanak), 2004. Laporan Akhir Pengkajian Potensi Bencana Kekeringan, Banjir dan Longsor di Kawasan Satuan Wilayah Sungai Citarum-Ciliwung, Jawa Barat Bagian Barat Berbasis Sistem Informasi Geografi. Bogor.
- Riswanto, E. 2009. Evuluasi Akurasi Klasifikasi Penutupan Lahan Menggunakan Citra Alos Palsar Resolusi Rendah. Bogor: Institut Pertanian Bogor. Klasifikasi Terbimbing dan Klasifikasi Tidak Terbimbing, URL: <https://foresteract.com/klasifikasi-terbimbing-danklasifikasi-tidak-terbimbing>.