

Pemetaan Kawasan Terdampak Akibat Lahar Dingin Gunung Marapi dan Sekitarnya Menggunakan Citra Satelit Sentinel -2 (Studi Kasus: Kecamatan Sungai Pua, Kabupaten Agam)

Reni Puspita Sari¹, Dwi Arini^{2*}, Dwi Marsiska Driptufany³, Fajrin⁴, Ilham Armi⁵

¹⁻⁵ Institut Teknologi Padang, Indonesia

*Penulis Korespondensi: dwiarini@itp.ac.id¹

Abstract. Mount Marapi is one of the active volcanoes in West Sumatra, which erupted on December 3, 2023, followed by heavy rainfall that triggered a cold lava flood. This event caused damage to land, infrastructure, and vegetation around Sungai Pua Subdistrict, Agam Regency. This study aims to analyze vegetation density changes before and after the lahar event and to map the affected areas using Sentinel-2 satellite imagery, applying the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and spatial overlay methods. The results show a decrease in very dense vegetation from 623.127 ha (42.38%) to 199.095 ha (13.54%), and an increase in poor vegetation from 354.269 ha (24.09%) to 551.566 ha (37.50%). The total vegetation density change reached 734.03 ha out of 1,470.32 ha. Identification of affected areas also indicates that the lahar spread along river channels from the summit to the slopes, with an affected area of 110.832 ha. These areas include agricultural land, plantations, and settlements along the riverbanks that were damaged by volcanic materials.

Keywords: Cold Lava Flood; Mount Marapi; NDVI; Sentinel-2 Imagery; Vegetation Change.

Abstrak. Gunung Marapi merupakan salah satu gunung api aktif di Sumatera Barat yang pada 3 Desember 2023 mengalami erupsi disertai hujan lebat yang kemudian memicu terjadinya banjir lahar dingin. Peristiwa tersebut berdampak pada kerusakan lahan, infrastruktur, dan vegetasi di sekitar Kecamatan Sungai Pua, Kabupaten Agam. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan kerapatan vegetasi sebelum dan sesudah terjadinya lahar dingin serta memetakan kawasan terdampak berdasarkan citra satelit Sentinel-2, menggunakan metode analisis *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan overlay spasial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya penurunan luasan vegetasi sangat baik dari 623,127 ha (42,38%) menjadi 199,095 ha (13,54%), serta peningkatan vegetasi buruk dari 354,269 ha (24,09%) menjadi 551,566 ha (37,50%). Total perubahan kerapatan vegetasi mencapai 734,03 ha dari keseluruhan 1.470,32 ha. Identifikasi wilayah terdampak juga menunjukkan bahwa lahar dingin menyebar mengikuti jalur sungai dari puncak hingga lereng, dengan luasan terdampak mencapai 110,832 ha. Kawasan ini meliputi lahan pertanian, perkebunan, serta permukiman di sekitar aliran sungai yang mengalami kerusakan akibat material vulkanik.

Kata kunci: Banjir Lahar Dingin; Citra Sentinel-2; Gunung Marapi; NDVI; Perubahan Vegetasi.

1. LATAR BELAKANG

Gunung Marapi, yang berasal dari kata "Gunung Api", merupakan salah satu gunung yang masih aktif di Sumatera Barat. Tepat nya pada jam 14.54 WIB pada 3 Desember 2023, marapi meletus, menciptakan kolom abu vulkanik setinggi 3.000 meter, atau 9.800 kaki, dari puncak gunung berapi, yang berada 5.891 meter di atas permukaan laut. Risiko yang muncul secara tidak langsung setelah letusan gunung berapi, seperti kerusakan tanah dan pemukiman akibat lahar dingin, dikenal sebagai bahaya sekunder (Rahayu, 2014). Pada Sabtu, 11 Mei 2024, hujan lebat mengguyur wilayah, menyebabkan banjir lahar dingin. Sungai Pua ialah salah satu Kecamatan yang berada di Kabupaten Agam yang merupakan salah satu Kecamatan yang terdampak dari akibat lahar dingin tersebut. Dampak dari lahar dingin terdapat kerusakan

infrastruktur seperti jembatan, timbunan material pada lahan pertanian, bahkan korban jiwa (BNPB, 2024).

Untuk mengurangi akibat dampak dari risiko bencana banjir lahar dingin harus diminimalkan kebutuhan akan permukiman meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi. Di daerah rawan bencana, kepadatan permukiman berkisar antara 27 dan 52 unit rumah per ha. Pemerintah diberi wewenang oleh UU Nomor 24 tahun 2007 untuk melindungi warga dari bencana yang tidak sepenuhnya diterapkan, seperti menyediakan jalan untuk evakuasi, membangun sistem peringatan dini (*early warning system*), dan menyampaikan informasi kepada warga tentang bencana di mana korban lahar dingin tahun 2012 terus meningkat (Saputra, dkk., 2015).

Bencana seperti letusan gunung berapi atau lahar dingin dapat menyebabkan kerusakan vegetasi, seperti yang ditunjukkan oleh band merah dan NIR citra satelit sentinel-2. Letusan gunung berapi telah meningkatkan risiko dan berdampak pada vegetasi sekitar gunung (Riyan, 1997). Nilai NDVI adalah rasio antara pantulan band merah (R) dan inframerah (NIR). Nilai NDVI berkisar antara -1 dan +1 (Hardianto, dkk., 2021).

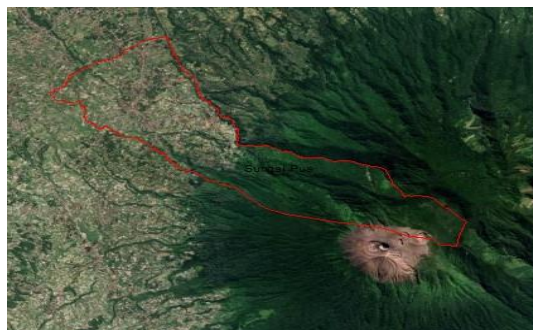
Berdasarkan penelitian terkait pemetaan kawasan terdampak lahar dingin Gunung Marapi, beberapa studi yang relevan menunjukkan pentingnya penggunaan teknologi penginderaan jauh, seperti citra satelit Sentinel-2, dalam memantau perubahan vegetasi akibat bencana alam. Azizah (2023) menunjukkan bahwa deteksi perubahan jalur lahar menggunakan citra Sentinel-1 dan Sentinel-2 dapat memberikan informasi yang akurat terkait dampak erupsi terhadap wilayah sekitar. Selain itu, Aisy dan Hermon (2024) menyatakan bahwa penerapan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan metode skoring dan overlay dapat digunakan untuk menganalisis risiko bencana lahar dingin, yang sangat berguna untuk memetakan daerah yang rentan terhadap bencana. Penelitian oleh Armijon (2018) juga menyoroti lahar dingin Gunung Merapi yang mencapai 150 juta meter kubik, memberikan gambaran skala besar bencana ini dan dampaknya pada lingkungan sekitarnya. Di sisi lain, Puspita Sari (2024) menggunakan citra satelit Landsat-8 untuk memetakan wilayah yang terdampak lahar dingin di Gunung Marapi, fokus pada perubahan kerapatan vegetasi menggunakan indeks NDVI. Hal serupa juga dilakukan oleh Ginting dan Jadera (2017) yang memanfaatkan citra Landsat dan Landsat 8 untuk menganalisis perubahan vegetasi pada kawasan vulkanik, yang turut berkontribusi dalam pemahaman tentang dampak bencana ini terhadap lingkungan. Sejalan dengan itu, Mardiana (2020) menggunakan Sentinel-2 untuk menganalisis potensi bencana terkait panas bumi dan perubahan suhu permukaan tanah yang dipengaruhi oleh aktivitas vulkanik. Semua penelitian

tersebut memberikan kontribusi penting dalam memperjelas metode pemetaan dan mitigasi bencana lahar dingin menggunakan teknologi penginderaan jauh.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menganalisis kawasan terdampak lahar dingin gunung marapi. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif, jenis penelitian yang menggunakan statistik untuk menganalisis data dengan mendeskripsikan atau menggambarkan data yang dikumpulkan tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang dapat diterima secara umum. Metode yang digunakan pada pengolahan data spasial pada penelitian ini ialah metode indeks kerapatan vegetasi (NDVI) yang digunakan untuk menghitung luasan terdampak dari lahar dingin tersebut.

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Sungai Pua, Kabupaten Agam secara geografis terletak pada $100^{\circ}22'$ - $100^{\circ}25'$ Bujur Timur dan $0^{\circ}77'$ - $0^{\circ}21'$ Lintang Selatan. Ketinggian 900 meter di atas permukaan laut dengan batas-batas sebagai berikut: (a) Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Banuhampu. (b) Sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Tanah Datar. (c) Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Canduang. (d) Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan IV Koto.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Pengolahan Data, 2025).

Tahapan penelitian ini dimulai dengan studi literatur yang mana pada tahap ini dilakukan untuk mencari serta memahami referensi mengenai teori – teori yang berhubungan dengan metode penelitian yang akan diteliti sehingga dapat menyelesaikan permasalahan yang ada atau akan muncul pada saat penelitian nantinya. Kemudian, pengumpulan data yang mana tahap pengumpulan data pada penelitian ini ialah citra akan digunakan, yaitu citra satelit sentinel-2 sebelum (perekaman 29 Desember 2023), dan setelah (12 Mei 2024) lahar dingin Gunung Marapi. Data tersebut di unduh di website <https://scihub.copernicus.eu/> dan data Demnas serta data shapefile ADM Kab. Agam 2023 yang di unduh pada website Ina-Geoportal BIG.

Selanjutnya Pada penelitian ini *buffer* digunakan untuk memperkecil kawasan yang akan di lakukan penelitian. Kemudian melakukan identifikasi terhadap perubahan indeks kerapatan vegetasi masing – masing citra dikelompokkan menjadi 4 kelas Tabel 1 (*Classified*) khususnya di Kecamatan Sungai Pua, Kabupaten Agam.

Tabel 1. Indikasi indeks kerapatan vegetasi.

Nilai	Indikasi
< 0,1196	Non vegetasi
0,1196- 0,2851	Vegetasi buruk
0,2851-0,4506	Vegetasi baik
0,4506 – 0,6161	Vegetasi sangat baik

(Sumber : Lillesand, 1997)

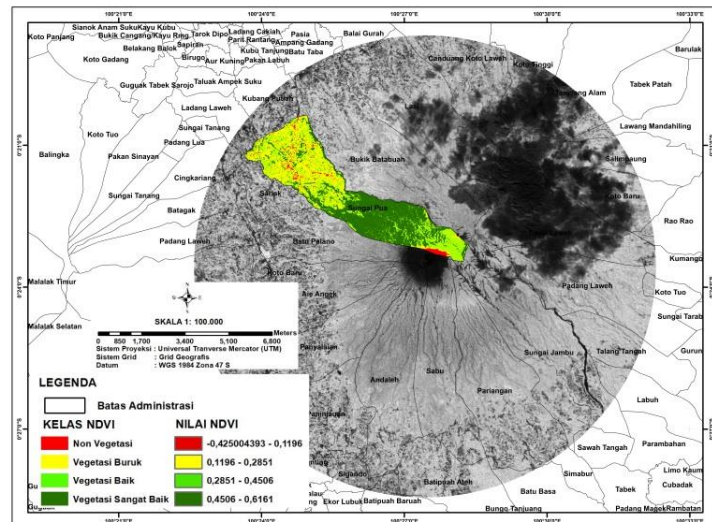
Lalu untuk mengetahui kawasan yang terdampak lahar dingin terparah memiliki nilai indeks vegetasi rendah yang disebabkan karena nilai indeks yang rendah pada penutupan lahan serta kondisi vegetasi yang rendah di akibatkan oleh kerusakan ataupun kematian pada vegetasi tersebut. Proses analisis ini menggunakan analisis *overlay* (tumpang tindih peta) untuk melihat perubahan pada luasan area nya yang nantinya akan menghasilkan area yang terdampak lahar dingin. Analisis *overlay* ini dilakukan setelah data sebelum dan sesudah lahar dingin di konversi ke data vektor.

Analisis Perubahan indeks vegetasi didasarkan pada perbedaan rona yang berbeda setelah melakukan pewarnaan hasil NDVI. Selain itu, analisis perubahan luasan indeks vegetasi pada daerah yang terdampak lahar dingin Gunung Marapi dilakukan *overlay* pada citra *Normalized Different Vegetation Index* (NDVI) sebelum dan sesudah terjadinya lahar dingin Gunung Marapi khususnya di Kecamatan Sungai Pua, Kabupaten Agam.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peta Indeks Kerapatan Vegetasi Sebelum Lahar Dingin

Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI) sebelum lahar dingin menggunakan data satelit sentinel – 2 yang direkam pada tanggal 29 Desember 2023. Analisis indeks kerapatan vegetasi NDVI (*Normalized Different Vegetation Index*) menggunakan 2 jenis band citra satelit sentinel-2, diantaranya, yaitu band 4 (RED), dan band 8 (NIR). Peta indeks kerapatan vegetasi sebelum lahar dingin Gambar 2 dengan nilai kerapatan terendahnya adalah < 0,1196 dan nilai tertinggi adalah 0,6161 dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Peta Indeks Kerapatan Vegetasi Sebelum Lahar Dingin.

Luasan masing-masing kelas NDVI dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Indeks Kerapatan Vegetasi sebelum Lahar Dingin.

Nilai NDVI	Luasan (ha)	Persentase (%)	Keterangan
-0,425004393 – 0,1196	48,514	3,30%	Non Vegetasi
0,1196 – 0,2851	354,269	24,09%	Vegetasi Buruk
0,2851 – 0,4506	444,412	30,23%	Vegetasi Baik
0,4506 – 0,6161	623,127	42,38%	Vegetasi Sangat Baik
Total Luas (ha)	1.470,322	100 %	

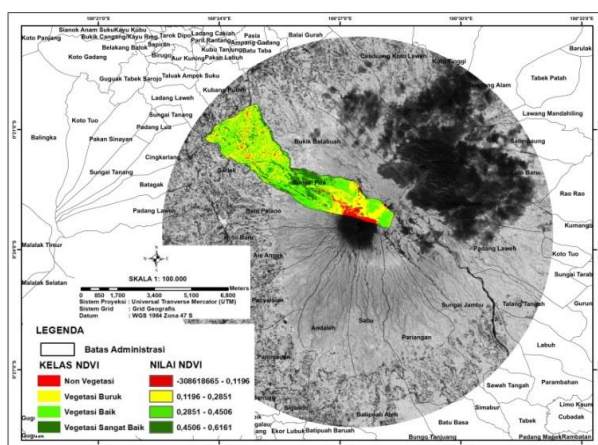
(Sumber : Pengolahan Data, 2025)

Vegetasi Pada Gambar 2 kelas non vegetasi (warna merah) dapat terlihat pada puncak gunung marapi atau kawah gunung yang terpapar batuan vulkanik serta menyebar disekitaran area lereng dan beberapa kawasan lainnya seperti kota dan kawasan perkotaan. Luasan area pada kerapatan vegetasi kelas non vegetasi ini ialah 48,514 hektar dengan persentase sekitar 3,30% pada Tabel 2. Kemudian, kelas vegetasi Buruk (warna kuning) Gambar 2 dapat terlihat pada area lereng bawah gunung itu seperti lahan pertanian terbuka dengan tanaman rendah atau baru tumbuh, padang rumput atau vegetasi semak, lahan kering yang sedang tidak digunakan secara intensif dan tersebar di beberapa area lainnya. Luasan area pada kerepatan vegetasi kelas vegetasi buruk ini ialah 354,269 hektar dengan persentase sekitar 24,09% pada Tabel 2.

Kelas vegetasi baik (warna hijau muda) Gambar 2 dapat terlihat pada lereng di bawah kawah serta membentuk zona transisi dari hutan lebat ke lahan yang lebih terbuka. Luasan area pada kerepatan vegetasi kelas Vegetasi baik ini ialah 444,412 hektar dengan persentase sekitar 30,23% pada Tabel 2. Kemudian, kelas vegetasi sangat baik (warna hijau tua) Gambar 2 dibawah kelas vegetasi menengah serta mengikuti arah aliran sungai di lereng mengindikasikan kedalam zona hutan lebat. Luasan area pada kerepatan vegetasi kelas sangat baik ialah 623,127 hektar dengan persentase sekitar 42,38% pada **Tabel 2**.

Peta Indeks Kerapatan Vegetasi Sebelum Lahar Dingin

Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI) sebelum lahar dingin menggunakan data satelit sentinel – 2 yang direkam pada tanggal 17 Juni 2024. Analisis Indeks Vegetasi (NDVI) menggunakan 2 jenis band citra satelit sentinel-2, diantaranya, yaitu band 4 (RED), dan band 8 (NIR) .Peta indeks kerapatan vegetasi sebelum lahar dingin Gambar 3 dengan nilai kerapatan terendahnya adalah $< 0,1196$ dan nilai tertinggi adalah $0,6161$ dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 3. Peta Indeks Kerapatan Vegetasi Setelah Lahar Dingin.

Luasan masing – masing kelas NDVI nya dapat dilihat pada **Tabel 3** berikut ini:

Tabel 3. Kerapatan Vegetasi setelah Lahar Dingin.

Nilai NDVI	Luasan (ha)	Persentase (%)	Keterangan
-0,308618665 – 0,1196	82,330	5,60%	Non Vegetasi
0,1196 – 0,2851	551,566	37,50%	Vegetasi Buruk
0,2851 – 0,4506	637,331	43,34%	Vegetasi Baik
0,4506 – 0,6161	199,095	13,54%	Vegetasi Sangat Baik
Total Luas (ha)	1.470,322	100 %	

(Sumber : Pengolahan Data 2025)

Pada Gambar 3 kelas non vegetasi (warna merah) dengan nilai rentang NDVI - 0,308618665 hingga 0,1196 pada Gambar 3 dapat terlihat pada sekitaran kawah, sepanjang aliran lahar atau sungai dan beberapa kawasan lainnya. Pada kelas non vegetasi ini kawasan tanpa vegetasi akibat tertutupnya material vulkanik seperti pasir, batu, dan lumpur dari lahar dingin tersebut. Luasan area pada kerepatan vegetasi kelas non vegetasi ini ialah 82,330 hektar dengan persentase sekitaran 5,60% pada Tabel 3.

Pada kelas vegetasi buruk (warna kuning) dengan nilai rentang NDVI 0,1196 hingga 0,2851 pada Gambar 3 dapat terlihat dari puncak kawah menuju lereng tengah serta daerah aliran disepanjang jalur sungai. Luasan area pada kerepatan vegetasi kelas vegetasi buruk ini ialah 551,566 hektar dengan persentase sekitaran 37,50% pada Tabel 3. Pada kelas vegetasi baik (warna hijau muda) dengan nilai rentang NDVI 0,2851 hingga 0,4506 Gambar 2 dapat terlihat pada lereng bawah dan sebagian besar area sekitaran gunung. Area ini tidak terdampak

secara tidak langsung oleh lahar dingin atau terdampak ringan dari debu vulkanik tetapi tidak sepenuhnya rusak. Luasan area pada kerapatan vegetasi kelas vegetasi baik ini ialah 637,331 hektar dengan persentase sekitaran 43,34% pada Tabel 3

Kemudian, Pada kelas vegetasi sangat baik (warna hijau tua) dengan nilai rentang NDVI 0,4506 – 0,6161 pada Gambar 3. Kawasan vegetasi tinggi tidak terdampak oleh lahar dingin maupun abu vulkanik sehingga vegetasi nya sangat padat. Luasan area pada kerapatan vegetasi kelas vegetasi baik ini ialah 199,095 hektar dengan persentase sekitaran 13,54% pada Tabel 3.

Tabel 4. Perubahan Luasan Indeks Kerapatan Vegetasi.

Kerapatan Vegetasi			Sebelum (ha)			
	Non Vegetasi	Vegetasi Buruk	Vegetasi Baik	Vegetasi Sangat Baik	Total	
Setelah (ha)	Non Vegetasi	48,5144	13,5785	20,3160	21,6673	104,6673
	Vegetasi Buruk	0	226,3435	161,5647	145,0302	532,9384
	Vegetasi Baik	0	96,3474	262,5308	275,3346	634,2128
	Vegetasi Sangat Baik	0	0	0	199,0948	199,0948
	Total	48,5144	336,2694	444,4115	641,1269	1.470,322

Keterangan :

Tidak terjadinya perubahan

(Sumber : Pengolahan Data, 2025)

Pada Tabel 4 merupakan tabel perubahan luasan indeks kerapatan vegetasi yang terjadi sebelum dan setelah lahar dingin di Kecamatan Sungai Pau, Kabupaten Agam dengan menggunakan citra satelit sentinel -2 ialah pada kelas non vegetasi dengan luasan 48,5144 hektar tidak terjadinya perubahan setelah lahar dingin, sedangkan pada kelas vegetasi buruk terjadinya perubahan dengan luasan 13,5785 hektar pada kelas non vegetasi, 226,3435 hektar luasan tetap sebelum dan setelah lahar dingin, kemudian terjadinya lagi perubahan pada kelas vegetasi baik 96,3474 hektar setelah lahar dingin ini di sebabkan karena adanya pertumbuhan vegetasi baru seperti lahan pertanian atau perkebunan oleh warga setempat.

Kemudian, pada kelas vegetasi baik terjadinya perubahan dengan luasan 20, 3160 hektar pada kelas non vegetasi, 161,5647 hektar pada kelas vegetasi buruk setelah lahar dingin, lalu 262,5308 hektar luasan tetap sebelum dan setelah lahar dingin. Setelah itu, pada kelas vegetasi sangat baik terjadinya perubahan dengan luasan 21,6673 hektar pada kelas non vegetasi, 145,0302 hektar pada kelas vegetasi buruk, 275,3346 pada kelas vegetasi baik dan 199,0948 hektar luasan tetap sebelum dan setelah lahar dingin. Total perubahan luasan indeks kerapatan vegetasi yang terjadi di Kecamatan Sungai Pua, Kabupaten Agam ialah 734,0349 hektar dari jumlah luasan keseluruhan ialah 1.470,322 hektar.

Tabel 5. Interpretasi kawasan terdampak.

Wilayah	Kondisi	Interpretasi Dampak
Sekitran kawah Lereng Barat dan Barat daya	Dekat zona merah Jalur memanjang mengikuti sungai Hijau muda	Dampak lahar tinggi hingga sedang Aliran lahar dingin utama Dampak lebih ringan

(Sumber : Pengolahan Data, 2025)

Tabel 6. Luasan kawasan terdampak lahar dingin.

Kerapatan Vegetasi		Sebelum (ha)				Total
		Non Vegetasi	Vegetasi Buruk	Vegetasi Baik	Vegetasi Sangat Baik	
Setelah (ha)	Non Vegetasi	0,317	7,405	19,019	0	26,741
	Vegetasi Buruk	0	11,024	82,617	0	93,641
	Vegetasi Baik	0	1.791	12,746	0	14,537
	Vegetasi Sangat Baik	0	0	0	47,416	47,416
	Total	0,317	20,220	114,382	47,416	182,335

Keterangan :

Tidak terjadinya perubahan

(Sumber : Pengolahan Data, 2025)

Berdasarkan Tabel 6 yang menunjukkan bahwa luasan kawasan terdampak yang terjadi di Kecamatan Sungai Pua, Kabupaten Agam akibat lahar dingin Gunung Marapi, luasan yang kawasan terdampak yang terjadi sebelum dan setelah lahar dingin Gunung Marapi di Kecamatan Sungai Pua, Kabupaten Agam ini antar kelas berdasarkan nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Tabel ini merepresentasikan luas area (dalam hektar). Pada Tabel 6 kelas non vegetasi sebelum lahar dingin dengan luas area 0,317 hektar tidak mengalami perubahan luasan setelah terjadinya lahar dingin. Kemudian pada kelas vegetasi buruk mengalami perubahan pada kelas non vegetasi 7,405 hektar dan pada kelas vegetasi baik 1.791 hektar terjadinya lahar dingin.

Pada kelas vegetasi baik sebelum lahar dingin mengalami perubahan luasan pada kelas non vegetasi 19,019 hektar dan 82,617 hektar pada kelas vegetasi buruk setelah terjadinya lahar dingin. Total luasan kawasan yang terdampak dari lahar dingin di Kecamatan Sungai Pua, Kabupaten Agam ialah 110.832 hektar dari jumlah luasan keseluruhan ialah 1.470,322 hektar.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa: (1)

Perubahan luasan indeks kerapatan vegetasi yang terjadi sebelum lahar dingin dan setelah lahar dingin di Kecamatan Sungai Pua, Kabupaten Agam ialah:

Perubahan luasan indeks kerapatan pada kelas non vegetasi dengan luasan 48,5144 hektar tidak terjadinya perubahan setelah lahar dingin, sedangkan pada kelas vegetasi buruk terjadinya perubahan dengan luasan 13,5785 hektar pada kelas non vegetasi, 226,3435 hektar luasan tetap sebelum dan setelah lahar dingin, kemudian terjadinya lagi perubahan pada kelas vegetasi baik 96,3474 hektar setelah lahar dingin ini disebabkan karena adanya pertumbuhan vegetasi baru seperti lahan pertanian atau perkebunan oleh warga setempat. Kemudian, pada kelas vegetasi baik terjadinya perubahan dengan luasan 20, 3160 hektar pada kelas non vegetasi, 161,5647 hektar pada kelas vegetasi buruk setelah lahar dingin, lalu 262,5308 hektar luasan tetap sebelum dan setelah lahar dingin.

Setelah itu, pada kelas vegetasi sangat baik terjadinya perubahan dengan luasan 21,6673 hektar pada kelas non vegetasi, 145,0302 hektar pada kelas vegetasi buruk, 275,3346 pada kelas vegetasi baik dan 199,0948 hektar luasan tetap sebelum dan setelah lahar dingin. Total perubahan luasan indeks kerapatan vegetasi yang terjadi di Kecamatan Sungai Pua, Kabupaten Agam ialah 734,0349 hektar dari jumlah luasan keseluruhan ialah 1.470,322 hektar.

Kawasan terdampak lahar dingin yang menyebar dari puncak Gunung Marapi, kemudian kearah lereng merupakan aliran lahar dingin yang mengikuti sepanjang aliran sungai yang merupakan kawasan terdampak dari aliran banjir lahar dingin tersebut. Total luasan kawasan yang terdampak dari lahar dingin di Kecamatan Sungai Pua, Kabupaten Agam ialah 110.832 hektar dari jumlah luasan keseluruhan ialah 1.470,322 hektar.

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya ialah apabila melakukan suatu pemetaan wilayah terdampak lahar dingin Gunung Marapi disarankan untuk menggunakan citra sentinel yang memiliki resolusi tinggi dan terbebas dari gangguan awan supaya tidak memperlambat dalam proses pengerjaan nya.

DAFTAR REFERENSI

- Aisy, R., & Hermon, D. (2024). Tingkat bahaya dan risiko bencana banjir lahar dingin Gunung Marapi berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) menggunakan metode skoring dan overlay di Kabupaten Tanah Datar. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(2), 18859-18873. <https://doi.org/10.31004/jptam.v8i2.15152>
- Armijon, A. (2018). *Laporan Penelitian DIPA FT 2018: Lahar Dingin Merapi*. Universitas Lampung.

- Azizah, V. (2023). Deteksi perubahan jalur lahar di Curah Lengkong pasca-erupsi menggunakan citra Sentinel-1 dan Sentinel-2. *Jurnal Geografi, Edukasi dan Lingkungan*, 7(1), 70-93. <https://doi.org/10.22236/jgel.v7i1.10321>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2024). *Laporan dampak bencana banjir lahar dingin Gunung Marapi*. <https://www.bnpb.go.id>
- Febryzalita, U. A. (2024). Pemulihan bencana banjir lahar dingin Kabupaten Agam. *JEMARI Sakato*.
- Ginting, S. P., & Jadera, A. (2017). Analisis indeks vegetasi pada kawasan Gunung Sinabung. *Jurnal Geografi*, 9(2), 123-135.
- Hardianto, A., Dewi, P. U., Feriansyah, T., Sari, N. F. S., & Rifiana, N. S. (2021). Pemanfaatan Citra Landsat 8 Dalam Mengidentifikasi Nilai Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI) Tahun 2013 Dan 2019 (Area Studi: Kota Bandar Lampung). *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 2(1), 8-15. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2021.v2i1.38>
- Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (1997). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons, Inc.
- Mardiana, R. (2020). Analisis potensi panas bumi menggunakan Landsat 8 dan Sentinel-2. *Jurnal Geofisika*, 15(1), 45-59.
- Mullissa, B., et al. (2021). Penggunaan data SAR untuk deteksi perubahan permukaan akibat bahaya vulkanik. *Jurnal Geofisika*, 16(2), 78-92.
- Puspita Sari, R. (2024). Pemetaan wilayah terdampak akibat lahar dingin Gunung Marapi menggunakan citra satelit Landsat-8. *Seminar Proposal, Institut Teknologi Padang*.
- Rahayu, A., Ariyanto, D., & Dkk. (2014). Dampak Erupsi Gunung Merapi terhadap Lahan Dan Upaya-Upaya Pemulihannya. *Caraka Tani -Jurnal Ilmu Pertanian*, 29(1), 1–12. <https://doi.org/10.20961/carakatani.v29i1.13320>
- Saputra, H., Hasyim, A. W., & Rachmansyah, A. (2015). Penataan Kawasan Bencana Lahar Dingin Di Kecamatan Ternate Tengah Dan Ternate Utara. *Indonesian Green Technology Journal*, 4(1), 1-10. <https://igtj.ub.ac.id/index.php/igtj/article/view/130/128>
- Sudarsono, B. (2019). Analisis sebaran aliran lava untuk pembuatan peta mitigasi aliran lava di wilayah Gunung Slamet. *Jurnal Ilmu Kebumihan*, 14(3), 200-215. <https://doi.org/10.14710/elipsoida.2019.5015>
- Ullo, S. L., et al. (2019). Penilaian geohazard longsor dengan Convolutional Neural Networks menggunakan data citra Sentinel-2. *Jurnal Geoteknologi*, 18(1), 34-48.