Analisis Perubahan Lahan Vegetasi di Sekitar Gunung Marapi Sebelum dan Sesudah Terjadinya Letusan Gunung Marapi Menggunakan Metode NDVI (Studi Kasus Kabupaten Agam dan Kabupaten Tanah Datar)

Debi Nadia Putri[1)*], **Septina Tri Kurnia**[2)], **Annisa Kurnia Shalihat**[3)], **Muh. Apriansyah**[4)]

[1)]*Program Studi Teknik Geomatika, Universitas Indo Global Mandiri*
[2)] *P rogram Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Bima*
[Jl. Jend. Sudirman Km. 4 No. 62, 20 Ilir D.IV, Kec. Ilir Tim. I, Kota Palembang, Sumatera Selatan, 30129]
Email : debinadiaputri@uigm.ac.id[1)], 20212700017@students.uigm.ac.id[2)], annisaks@uigm.ac.id[3)], muh.apriansyah01@gmail.com[4)]*

ABSTRAK

Indonesia memiliki 127 gunung api yang masih aktif. Salah satu gunung api aktif di Pulau Sumatra adalah Gunung Marapi. Berdasarkan pernyataan resmi Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Gunung Marapi meletus pada tanggal 03 Desember 2023 pukul 14.54 WIB. Dinas Pertanian Kabupaten Agam Sumatera Barat mencatat lebih dari 2.000 ha lahan pertanian di wilayah setempat terdampak oleh abu vulkanik dan pasir pasca erupsi Gunung Marapi. Akibatnya terjadi perubahan lahan vegetasi yang ada di sekitar gunung marapi. Oleh karena itu perlunya dilakukan analisis mengenai perubahan lahan vegetasi yang terkena dampak dari letusan gunung tersebut. Analisis ini dilakukan menggunakan metode NDVI dengan memanfaatkan data dari citra landsat 8. Hasil dari penelitian ini berupa berubahan lahan vegetasi di Kab. Agam dan Kab. Tanah Datar sebelum dengan sesudah terjadinya letusan gunung marapi. Lahan dengan kategori tidak bervegetasi tidak mengalami perubahan sebelum dengan sesudah terjadinya letusan gunung marapi. Pada lahan dengan tingkat vegetasi kehijauan sangat rendah mengalami peningkatan yang awalnya hanya 17365.0 ha atau 5 % dari luas keseluruhan menjadi 27971.8 ha atau naik menjadi 8%.sedangkan untuk lahan dengan kehijauan rendah naik 4% yang awalnya 6% menjadi 10%. Lahan dengan kehijauan sedang naik signifikan sebanyak 8% dari yang awalnya luasannya 7% menjadi 15%. Sedangkan untuk lahan vegetasi kehijauan sangat tinggi sebelum terjadinya erupsi memiliki luas 78% dari keseluruhan luasan vegetasi turun menjadi 64% atau turun sebesar 14% dari luas sebelumnya.

Kata Kunci : *NDVI, Indeks Vegetasi, Gunung Marapi, Lahan Vegetasi*

ABSTRACT

Indonesia has 127 active volcanoes. One of the active volcanoes on the island of Sumatra is Mount Marapi. Based on the official statement from the Center for Volcanology and Geological Disaster Mitigation, Mount Marapi erupted on December 3 2023 at 14.54 WIB. The Agam Regency Agriculture Service, West Sumatra, recorded that more than 2,000 ha of agricultural land in the local area was affected by volcanic ash and sand after the eruption of Mount Marapi. As a result, there has been a change in the vegetation land around Mount Marapi. Therefore, it is necessary to carry out an analysis of changes in vegetation land affected by the volcanic eruption. This analysis was carried out using the NDVI method by utilizing data from Landsat 8 imagery. The results of this research are changes in vegetation land in Agam Regency and Tanah Datar Regency before and after the eruption of Mount Marapi. Land in the non-vegetated category experienced no changes before and after the eruption of Mount Marapi. Land with a very low level of green vegetation experienced an increase from initially only 17365.0 ha or 5% of the total area to 27971.8 ha or an increase to 8%. Meanwhile, land with low greenness increased by 4% from 6% to 10%. Land with moderate greenery has increased significantly by 8% from an initial area of 7% to 15%. Meanwhile, green vegetation on land was very high before the eruption had an area of 78% of the total vegetation area, down to 64% or a decrease of 14% from the previous area.

Keywords : *NDVI, Vegetation Index, Mount Marapi, Vegetation Land*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan jumlah gunung api terbanyak di dunia. Hal ini di konfirmasi oleh data yang berada di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Hal ini karena Indonesia berada dalam wilayah *Ring of Fire* (Sabuk Api Pasifik). Indonesia memiliki kurang lebih 127 gunung api aktif (Yogatama, 2012). Salah satu gunung api aktif Indonesia berada di Pulau Sumatra adalah Gunung Marapi. Gunung ini merupakan salah satu gunung api aktif yang memiliki catatan letusan terbanyak di Pulau Sumatra, dengan lebih dari 500 kali letusan sejak tahun 1770. Gunung Marapi Sumatera Barat telah mengalami erupsi beberapa kali. Berdasarkan pernyataan resmi yang dikeluarkan oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Gunung Marapi Sumatera Barat erupsi pada hari minggu tanggal 03 Desember 2023 pukul 14.54 WIB (siang). Erupsi eksplosif tersebut mengeluarkan abu vulkanik dengan tinggi sekira 3.000 meter di atas puncak (Anwar, 2023). Dinas Pertanian Kab. Agam, Sumatera Barat menjelaskan lebih dari 2.000 ha lahan pertanian di wilayah sekitar gunung terkena dampak abu vulkanik dan pasir pasca letusan Gunung tersebut. Diterangkan sejumlah lahan komoditas seperti lahan padi, lahan tebu, dan lahan tanaman lain diselimuti oleh abu vulkanik. Lahan yang terdamak tersebut diantaranya lahan padi sekitar 1.100 ha, lahan tebu sekitar 700 ha, dan tanaman hortikultura sekitar 340 ha bahkan yang paling parah terdampak adalah tanaman hortikultura cabai, kol, bawang prey, dan lainnya (Asy'Ari, 2024). Akibat dari letusan gunung tersebut berdampak pada perubahan lahan vegetasi yang ada di sekitar gunung marapi. Hal ini menyebabkan adanya perubahan ekosistem yang terjadi pada daerah yang terdampak oleh letusan gunung marapi. Oleh karena itu perlunya dilakukan analisis mengenai perubahan lahan vegetasi yang terkena dampak dari letusan gunung tersebut. Analisis ini dilakukan dengan metode NDVI dengan memanfaatkan data citra landsat 8.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan lahan vegetasi yang berada di sekitar gunung marapi sebelum dan sesudah terjadinya erupsi gunung marapi.

1.3 Studi Literatur

Ginting & Jadera (2017) melakukan penelitian analisis indek vegetasi pada kawasan gunung sinabung.berjudul. Penelitian ini menggunakan data citra landsat 7 dan landsat 8 dengam metode yang digunakan yaitu metode *K-Means.* Klasifikasi tutupan lahan juga dilakukan oleh Awaliyan, dkk 2018 dengan menggunakan citra sentinel 2-A dan metode NDVI. Klasifikasi tingkat kerapatan vegetasi diambil dari referensi VITO (*Vision on Tecnology*) 2017 dengan 5 kelas klasifikasi diantaranya lahan tidak bervegetasi, kehijauan sangat rendah, kehijauan rendah, kehijauan sedang dan kehijauan tinggi dengan kisaran nilai NDVI -1 s/d 1. Afdhal dan Umar (2019) melakukan penelitian *Indeks* vegetasi pada kawasan suaka alam gunung marapi di sumatera barat pada tahun 2009-2019. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan index vegetasi yang terjadi dari tahun 2009 sampai tahun 2019 dengan melakuan perbandingan terhadap tingkat akurasi pada interpretasi citra. Metode yang digunakan untuk mendeteksi kerapatan vegetasi adalah metode NDVI dan TVI. Metode NDVI juga digunakan untuk identifikasi perkembangan wilayah perkotaan di kabupaten klungkung provinsi bali. Analisis dilakukan dalam kurun waktu 5 tahun terakhir terhitung dari tahun 2016-2021 dengan menggukan citra landsat 8 (Aryastana, 2023).

2. DATA DAN METODE

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada daerah di sekitar gunung marapi Sumatera Barat yaitu pada Kabupaten Agam dan Kabupaten Tanah Datar.

2.2. Alat dan Data

Alat yang digunakan dan kegunaan dalam penelitian ini tercamtum dalam tabel berikut :

Tabel 1. Alat

No	Nama Alat	Kegunaan
1	*Laptop*	Sebagai wadah untuk melakukan penelitian (pengolahan data dan pembuatan laporan)
2	*Software Arcgis*	Digunakan untuk melakukan pengolahan data
3	*Website USGS*	Digunakan untuk *download* citra landsat 8
4	*Website Inageoportal*	Digunakan untuk *download* batas administrasi Kab. Agam dan Kab. Tanah Datar
5	*Microsoft Word*	Digunakan untuk pembuatan laporan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalaha sebagai berikut :

1. Batas administrasi Kab. Agam dan Kab. Tanah datar, yang digunakan sebagai acuan batasan wilayah penelitian
2. Cintra landsat 8 sebelum terjadi erupsi (24 Mei 2023), sebagai data utama untuk analisis
3. Citra landsat 8 setelah terjadinya erupsi (28 April 2024), sebagai data utama untuk analisis

2.3. Metode Penelitian

Studi Literatur

Studi literatur adalah melakukan kajian terhadap referensi-referensi yang berkaitan dengan berubahan lahan yang disebabkan oleh letusan gunung. Referensi tersebut berupa jurnal atau penelitian terdahulu maupun teori-teori yang berkaitan dengan penelitian ini. Pada studi literatur juga melakukan pemilihan metode yang tepat untuk digunakan dalam penelitian ini. Dari beberapa referensi yang dikaji, metode yang tepat untuk mengkaji tenatang berubahan lahan vegetasi akibat letusan gunung marapi adalah metode NDVI. Metode NDVI dilakukan dengan memperhitungkan tingkat kehijauan pada citra sebagai langkah pembagian tingkat daerah vegetasi (Aryastana, 2023).

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra landsat 8 dan data batas administrasi kabupaten agam dan kabupaten tanah datar. Citra landsat 8 adalah data utama yang digunakan untuk pengolahan data. Citra landsat yang digunakan adalah citra landsat sebelum dan sesudah terjadinya letusan gunung marapi. Untuk mendeteksi lahan vegetasi sebelum terjadinya letusan gunung digunakan citra landat 8 perekaman pada tanggal 24 mei 2023. Sedangkan citra yang digunakan untuk melihat perubahan lahan vegetasi sesudah terjadinya letusan digunakan citra landsat 8 tanggal 28 april 2024. Citra landsat 8 diperoleh dari *website USGS*. Data batas adminitrasi digunakan sebagai acuan batasan wilayah dalam penelitian ini. Data batas administrasi kabupaten agam dan kabupaten tanah datar dapat diperoleh dari Badan Infomasi Geospasial.

Analisis

Analisis perubahan lahan vegetasi dilakukan dengan *sofware arcgis* dengan melakukan perhitungan nilai *index* vegetasi pada citra landsat 8 sebelum dan sesudah terjadinya letusan gunung. Nilai indeks yang digunakan sebagai acuan bersumber dari Menteri Kehutanan 2012, nilai *index* -1 sampai -0,03 merupakan tingkat lahan tidak bervegetasi, Nilai *index* -0,03 sampai 0,15 tingkat kehijauan sangat rendah, Nilai 0,15 sampai 0,25 tingkat kehijauan rendah, Nilai 0,25 sampai 0,35 tingkat kehijauan sedang dan nilai *index* 0.36 sampai 1 tingkat kehijauan tinggi.

Tabel 2. Nilai *Index* Vegetasi

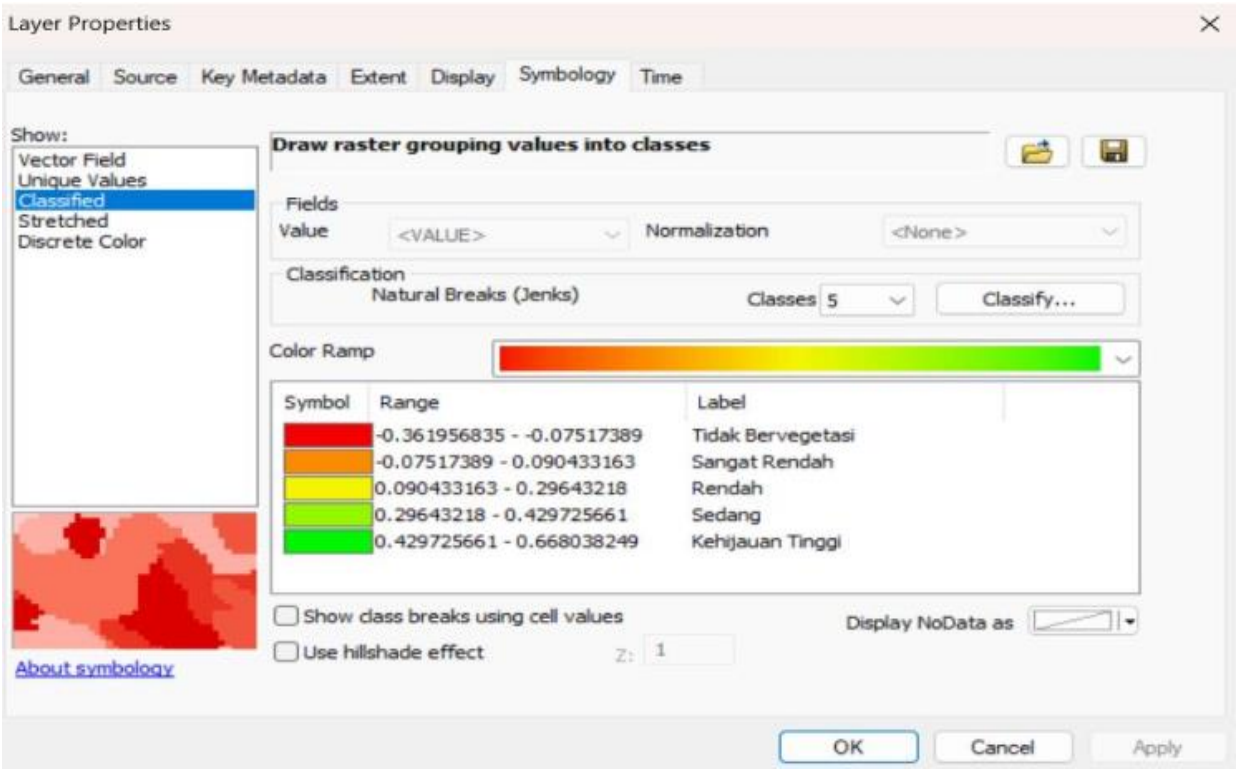
No	Nilai *Index*	Tingkat Kehijauan
1	-1,00 s/d -0,03	Lahan tidak bervegetasi
2	-0,03 s/d 0,15	Lahan kehijauan sangat rendah
3	0,15 s/d 0,25	Lahan kehijauan rendah

No	Nilai *Index*	Tingkat Kehijauan
4	0,25 s/d 0,35	Lahan kehijauan sedang
5	0,36 s/d 1,00	Lahan kehijauan tinggi

Analisis NDVI *(Normalized Differend Vegetation Index)* terhadap citra landsat 8 menggunakan dua *band* yaitu *band* 4 dan *band* 5. Pada band 4 mempunyai representasi reflektansi dari cahaya merah, sedangkan pada pand 5 merepresentasikan reflektansi inframerah dekat (Kobayashi, 2020). Klasifikasi nilai *index* vegetasi ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

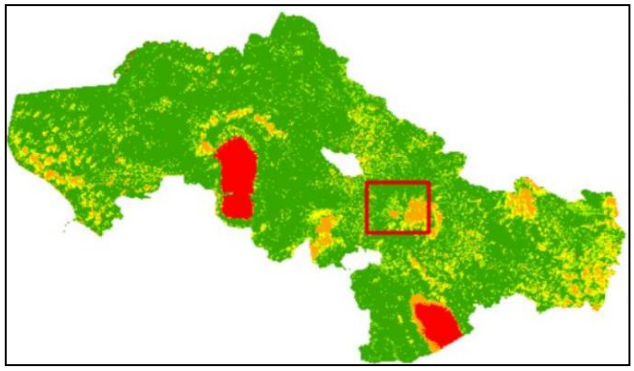
Fload (B5-B4) / Fload (B5+B4)……(1)

Berdasarkan rumus diatas, maka *band* yang di input ke *arcgis* adalah *band* 4 dan *band* 5 dari citra landsat 8. Setelah penginputan data citra kedalam *arcgis*, maka dilakukanlah klasifikasi dengan memasukkan nilai *index* vegetasi berdasarkan nilai yang tertera pada tabel 2 diatas. Klasifikasi nilai *index* vegetasi dikelompokkan menjadi 5 kelas.

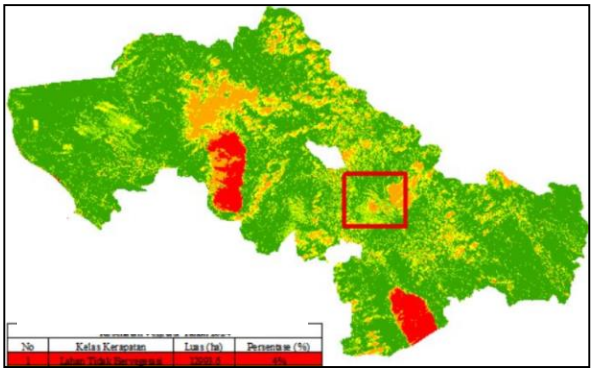


Gambar 1. Klasifikasi NDVI

Setelah melakukan klasifikasi nilai index vegetasi, maka didapatlah hasil gambaran perubahan lahan vegetasi sebelum dan sesudah terjadinya letusan gunung marapi seperti gambar 2 dibawah ini. 5 kelas klasifikasi perubahan lahan vegetasi adalah hijau tua menunjukkan kehijauan tinggi, hijau muda menunjukkan kehijauan sedang, kuning menunjukkan kehijauan rendah, orange menunjukkan kehijauan sangat rendah dan merah menunjukkan lahan tidak bervegetasi.



Gambar 2a. Klasifikasi Vegetasi Sebelum Erupsi



Gambar 2b. Klasifikasi Vegetasi Setelah Erupsi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kesehatan vegetasi tahun 2023 sebelum terjadi letusan Gunung Marapi dapat dilihat pada Tabel berikut yang menunjukan nilai *index* vegetasi dimana sebelum terjadinya letusan Gunung Marapi, pada Kabupaten Agam dan Kabupaten Tanah Datar memiliki Tingkat Vegetasi Nilai *Index* Sangat Tinggi. Warna merah menunjukan bahwa lahan tidak bervegetasi dan warna hijau tua menunjukan lahan memiliki kesehatan vegetasi yang sangat tinggi.

Tabel 3. Nilai *Index* Vegetasi

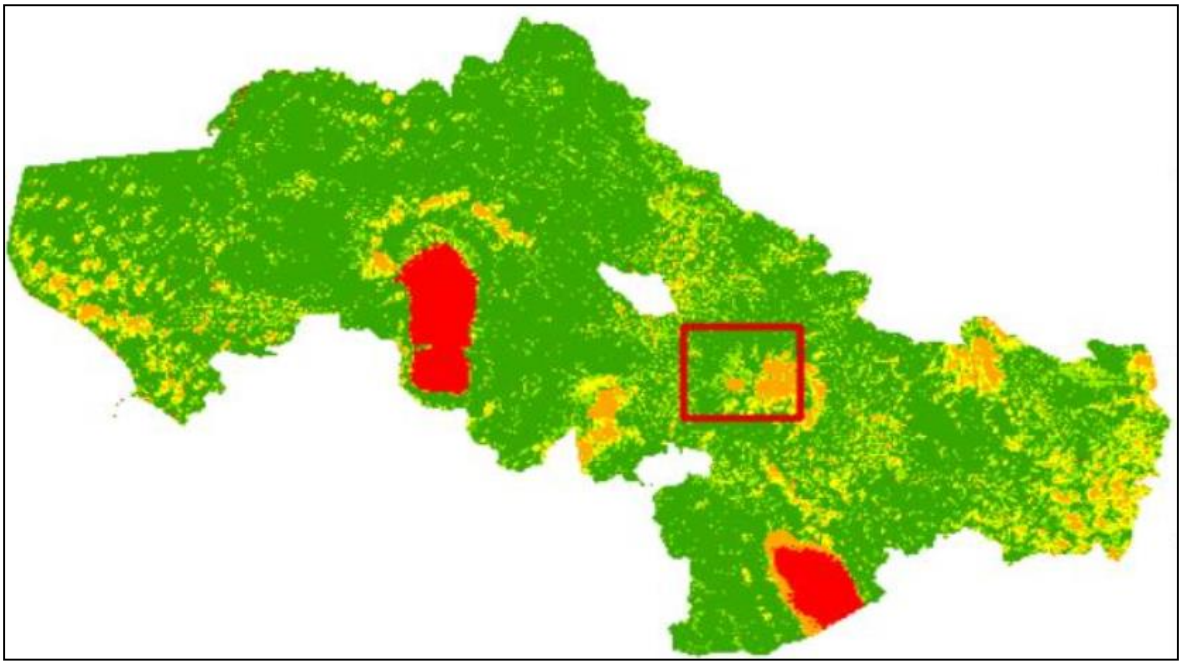
No	Warna	Nilai *Index*	Referensi	Keterangan
1		-0,32	-1,00 s/d -0,03	Lahan tidak bervegetasi
2		-0,03	-0,03 s/d 0,15	Lahan kehijauan sangat rendah
3		0,15	0,15 s/d 0,25	Lahan kehijauan rendah
4		0,25	0,25 s/d 0,35	Lahan kehijauan sedang
5		0,35	0,36 s/d 1,00	Lahan kehijauan tinggi

Pada tanggal 24 mei 2023 sebelum terjadinya letusan Gunung Marapi luas lahan yang memiliki nilai *index* kehijauan tinggi yaitu seluas 2.632.277,4 ha atau 78%, luas lahan yang tingkat kehijauan sedang seluas 23.306,6 ha atau 7%, tingkat kehijauan rendah seluas 20.335,8 ha atau 6%, luas tingkat kehijauan sangat rendah memiliki luas 17.365,0 ha atau 5% dan luas lahan tidak bervegetasi seluas 14.394,3 ha atau 4%.

Tabel 4. Luasan Vegetasi 24 Mei 2023

No	Tingkat Kehijauan	Luas (Ha)	Presentasi (%)
1	Lahan tidak bervegetasi	14.394,3	4
2	Lahan kehijauan sangat rendah	17.365,0	5
3	Lahan kehijauan rendah	20.335,8	6
4	Lahan kehijauan sedang	23.306,6	7
5	Lahan kehijauan tinggi	262.277,4	78
Jumlah		337.679,0	100

Kemudian dari Gambar dibawah ini dapat dilihat bahwa hasil kesehatan vegetasi pada 24 mei 2023 di kabupaten Tanah Datar memiliki tingkat vegetasi rendah dan sangat rendah sedangkan di Agam memiliki kesehatan vegetasi Kehijauan sangat tinggi yang di domisilin oleh warna hijau tua.



Gambar 3. Klasifikasi Vegeasi 24 Mei 2023

Hasil analisis kesehatan vegetasi tahun 2024 saat setelah terjadi letusan Gunung Marapi dapat dilihat pada Tabel berikut dibawah ini yang menunjukan nilai index vegetasi dimana saat terjadinya letusan Gunung Marapi pada Kabupaten Agam dan Kabupaten Tanah Datar memiliki Tingkat lahan tidak bervegetasi sangat rendah dan nilai index yang tidak bervegetasi.

Tabel 5. Nilai Indeks Vegetasi

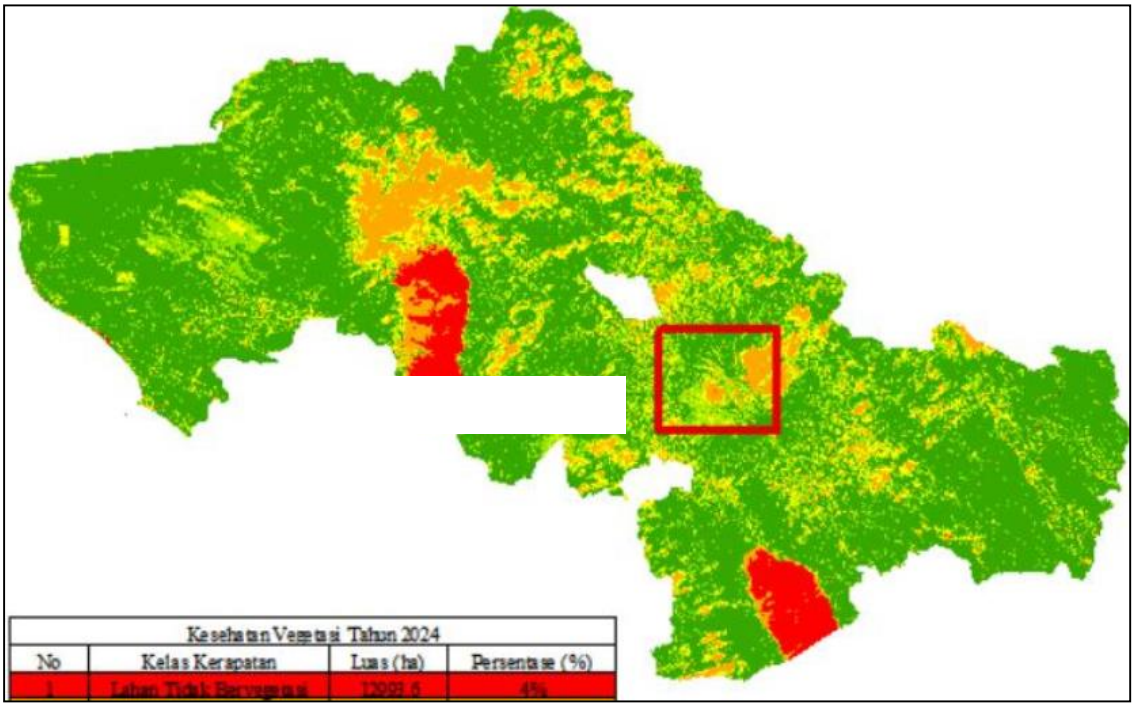
No	Warna	Nilai *Index*	Referensi	Keterangan
1		-0,28	-1,00 s/d -0,03	Lahan tidak bervegetasi
2		-0,03	-0,03 s/d 0,15	Lahan kehijauan sangat rendah
3		0,15	0,15 s/d 0,25	Lahan kehijauan rendah
4		0,25	0,25 s/d 0,35	Lahan kehijauan sedang
5		0,35	0,36 s/d 1,00	Lahan kehijauan tinggi

Pada tahun 2024 setelah terjadinya letusan Gunung Marapi, tingkat vegetasi pada wilayah Gunung Marapi mengalami perubahan. Luas tingkat vegetasi Kehijauan Tinggi menurun 14% menjadi 230.215,7 ha atau 64%, luas tingkat vegetasi Kehijauan Sedang meningkat 8% menjadi 53.093,7 ha atau 15%, tingkat vegetasi Kehijauan Rendah memiliki luasan 35.429,0 atau 10%, tingkat vegetasi Kehijauan Sangat Rendah memiliki luas 27.971,8 ha atau 8% dan tingkat Lahan Tidak Bervegetasi memiliki luas 12.993,6 ha atau 4%. Pada tahun 2024 tingkat yang Kehijauan Sangat Rendah Meningkat dikarenakan letusan yang mengeluarkan abu vulkanik yang berdampak pada tanaman hijau.

Tabel 6. Luasan Vegetasi 28 April 2024

No	Tingkat Kehijauan	Luas (Ha)	Presentasi (%)
1	Lahan tidak bervegetasi	12.993,6	4
2	Lahan kehijauan sangat rendah	27.971,8	8
3	Lahan kehijauan rendah	35.429,0	10
4	Lahan kehijauan sedang	53.093,7	15
5	Lahan kehijauan tinggi	230.215,7	64
Jumlah		337.679,0	100

Kemudian dari Gambar dibawah ini dapat dilihat bahwa hasil kesehatan vegetasi pada tahun 2024 di kabupaten Agam dan Tanah Datar memiliki tingkat Kehijauan Sangat Rendah dan Kehijauan Tinggi yang di domisilin oleh warna hijau tua dan oranye.



Gambar 4. Klasifikasi Vegetasi 28 April 2024

Perubahan lahan vegetasi sebelum dan sesudah terjadinya letusan gunung marapi dapat dilihat pada tabel 7 di bawah berikut :

Tabel 7. Perubahan Lahan Vegetasi

No	Tingkat Kehijauan	24 Mei 2023		28 April 2024	
		Luas (Ha)	Persentase (%)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Lahan tidak bervegetasi	14.394,3	4	12.993,6	4
2	Lahan kehijauan sangat rendah	17.365,0	5	27.971,8	8
3	Lahan kehijauan rendah	20.335,8	6	35.429,0	10
4	Lahan kehijauan sedang	23.306,6	7	53.093,7	15
5	Lahan kehijauan tinggi	262.277,4	78	230.215,7	64
Jumlah		337.679,0	100	337.679,0	100

Lahan dengan kategori tidak bervegetasi tidak mengalami perubahan sebelum dengan sesudah terjadinya letusan gunung marapi. Pada lahan dengan tingkat vegetasi kehijauan sangat rendah mengalami peningkatan yang awalnya hanya 17.365,0 ha atau 5 % dari luas keseluruhan menjadi 27.971,8 ha atau naik menjadi 8%. Sedangkan untuk lahan dengan kehijauan rendah naik 4% yang awalnya 6% menjadi 10%. Lahan dengan kehijauan sedang naik signifikan sebanyak 8% dari yang awalnya luasannya 7% mejadi 15%. Sedangkan untuk lahan vegetasi kehijauan sangat tinggi sebelum terjadinya erupsi memiliki luas 78% dari keseluruhan luasan vegetasi turun menjadi 64% atau turun sebesar 14% dari luas sebelumnya.

4. KESIMPULAN

Lahan vegetasi yang berada di sekitar gunung marapi atau yang berada di Kabupaten Agam dan Kabupaten Tanah Datar sebelum dengan sesudah terjadinya letusan gunung marapi mengalami perubahan. Lahan dengan kategori tidak bervegetasi tidak mengalami perubahan sebelum dengan sesudah terjadinya letusan gunung marapi. Pada lahan dengan tingkat vegetasi kehijauan sangat rendah mengalami peningkatan yang awalnya hanya 5 % dari luas keseluruhan menjadi naik menjadi 8%.sedangkan untuk lahan dengan kehijauan rendah naik 4% yang awalnya 6% menjadi 10%. Lahan dengan kehijauan sedang naik signifikan sebanyak 8% dari yang awalnya luasannya 7% mejadi 15%. Sedangkan untuk lahan vegetasi kehijauan sangat tinggi sebelum terjadinya erupsi memiliki luas 78% dari keseluruhan luasan vegetasi turun menjadi 64% atau turun sebesar 14% dari luas sebelumnya. Dapat disimpulkan jika letusan gunung dapat mempengaruhi perubahan vegetasi yang berada disekitarnya. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantanya adanya aliran lava, abu vukanik ataupun awan panas yang bisa merusak tanaman. Akan tetapi seiring berjalannya waktu abu vulkanik yang kaya akan mineral dapat menjadi nutrisi penting bagi tumbuhan dan penyuburan tanah. Sehingga sesudah terjadinya letusan gunung marapi beberapa tingkatan vegetasi mengalami kenaikan seperti vegetasi kehijauan sangat rendah, kehijauan rendah dan kehijauan sedang karena vegetasi baru bertumbuh kembali setelah terjadinya letusan gunung.

5. DAFTAR PUSTAKA

Anwar, I. C. 2023. *Profil gunung marapi sumbar, lokasi, dan sejarah meletusnya*. Tirto.id. https://tirto.id/profil-gunung-marapi-disumatera-barat-sejarah-erupsinya-gA5J. Diakses pada 23 Oktober 2024.

Aryastana, P., dkk. 2023. *Estimasi Perubahan Tutupan Lahan dengan Menggunakan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) di Kabupaten Klungkung Provinsi Bali*. Universitas Warmadewa. 45-51

Asy'Ari, A. I. 2023. *Dampak Erupsi Gunung Marapi, Lahan Pertanian di Agam Sumatera Barat Diselimuti Abu Vulkanik*. JawaPos.com. https://www.jawapos.com/berita-sekitar-anda/013439519/dampak-erupsigunung-marapi-lahan-pertanian-di-agam-sumatera-barat-diselimuti-abuvulkanik. Diakses pada 23 Oktomer 2024.

Awaliyan, M, R., dkk. 2018. *Klasifikasi Tutupan Lahan Pada Citra Satelit Sentinel-2A dengan Metode Tree Algorithm*. Universitas Mulawarman. 98-104.

Fadlillah, M. F., dkk. 2018. *Analisis kekeringan hidrologi berdasarkan metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) di daerah aliran sungai alang kabupaten wonogiri*. Universitas Sebelas Maret. 32-44.

Ginting, J. A., Jadera, A. M. 2018. Analisa *Indeks Vegetasi Menggunakan Citra Satelit Lansat 7 dan Lansat 8 Menggunakan Metode KMeans di Kawasan Gunung Sinabung*. Universitas Kristen Satya Wacana. 42-48

Kobayashi, N., Tani, H., Wang, X., & Sonobe, R. 2020. *Crop Classification Using Spectral Indices Derived from Sentinel-2a Imagery*. Journal of Information and Telecommunication, 4(1), 67-90.

Lasaiba, M.A., dkk. 2023. *Analisis Spasial Kerapatan Vegetasi Kota Ambon Berbasis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*. Universitas Patimurah Ambon. 124-139.

Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.23/Menhut-II/2012. Tentang Pedoman Pelaporan Keuangan Pengelolaan Hutan pada Perum Perhutani.

Vision on Tecnology (VITO). 2017. *Indicator : NDVI – Vegetation health & density*. Tersedia pada http://endeleo.vgt.vito.be/dataproducts.html#ndvi.
Diakses pada 22 September 2017.

Yogatama, T. 2012 "Risiko *Bencana Letusan Gunung Gede di Kecamatan Cipinas*". Universitas Indonesia. Depok.