

**PENENTUAN KELAYAKAN ALIH FUNGSI LAHAN BEKAS
TAMBANG BATUBARA LAPANGAN X TANJUNG ENIM
BERDASARKAN CITRA SENTINEL-2**

*Determining The Feasibility Of Land Conversion Of Former Coal Mine Field X
Tanjung Enim Based On Sentinel-2 Imagery*

Ferdio Valentin¹, Ivana Jayarani Sitompul², M. Reza Fahlefi³, Ilham Dani⁴

^{1,2,3,4}Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Indonesia
Email Korespondensi: ivana.jayarani21@students.unila.ac.id

Received: 15/12/2023 | Revised: 03/02/2024 | Accepted: 30/03/2024

DOI: <https://dx.doi.org/10.31314/jsig.v7i1.2702>

Abstract - Coal exploitation in Tanjung Enim, Muara Enim Regency, South Sumatra Province is still being conducted. Some of the 7621 hectares of land that is a coal mining production area is no longer used and leaves ex-mining land. Ex-mining land that is left open will affect the ecosystem and harm the surrounding community, so it is necessary to change the function of ex-mining land. The purpose of this research is determining the feasibility of changing the function of the former mining area. The data used is data from the Sentinel-2 satellite by utilizing band 4, band 8, and band 11 to produce a vegetation index from the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and a fire index from the Normalized Burn Ratio (NBR) in 2019, 2021, and 2023. The threshold value used to declare the research area suitable for land use changes is -0.2 for n and 0.1 for m. From the data processing, it is found that the NDVI 2019 is 0.3 and -0.1 for NBR 2019, 0.24 for NDVI 2021 and -0.104 for NBR 2021, and 0.19 for NDVI 2023 and -0.108 for NBR 2023. Values of NDVI that are greater than the threshold (n) and values of NBR that are smaller than the threshold (m) indicate the feasibility of the land use change. This leads to the conclusion that the research area is suitable for conversion of land use.

Keywords: land conversion; coal; NBR; NDVI; mining

Abstrak – Eksploitasi batubara di Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan masih terus dilakukan hingga kini. Sebagian dari 7.621 ha lahan yang merupakan daerah produksi tambang batubara sudah tidak digunakan lagi dan menyisakan lahan bekas tambang. Lahan bekas tambang yang dibiarkan terbuka akan mengganggu ekosistem dan berdampak buruk pada masyarakat sekitar, sehingga perlu dilakukan alih fungsi lahan bekas tambang. Tujuan penelitian ini yaitu menentukan kelayakan alih fungsi dari daerah bekas tambang. Data yang digunakan adalah data dari satelit Sentinel-2 dengan memanfaatkan band 4, band 8, dan band 11 sehingga menghasilkan indeks vegetasi dari *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan indeks kebakaran dari *Normalized Burn Ratio* (NBR) di tahun 2019, 2021, dan 2023. Nilai ambang batas yang digunakan untuk menyatakan daerah penelitian layak dialihfungsikan adalah -0.2 untuk n dan 0.1 untuk m. Dari pengolahan data didapatkan nilai 0.3 untuk NDVI 2019 dan -0.1 untuk NBR 2019, 0.24 untuk NDVI 2021 dan -0.104 untuk NBR 2021, serta 0.19 untuk NDVI 2023 dan -0.108 untuk NBR 2023. Nilai NDVI yang lebih besar dari ambang batas (n) dan nilai NBR yang lebih kecil dari ambang batas (m) menunjukkan kelayakan alih fungsi lahan tambang. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian layak dialihfungsikan.

Kata kunci: alihfungsi lahan; batubara; NDVI; NBR; tambang



Under the license CC BY-NC-SA 4.0

PENDAHULUAN

Interaksi antara Lempeng Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik menjadikan Indonesia mempunyai cekungan-cekungan sedimen yang terisi oleh substansi sedimen, salah satunya batubara (De Coster, 1974). Formasi Muaraenim merupakan salah satu formasi di Cekungan Sumatera yang terdapat batubara di dalamnya (Mjinbouw, 1976). Aktivitas tektonik Lempeng India-Australia dan Eurasia menyebabkan Cekungan Sumatera Selatan terbentuk. Proses pembentukannya sendiri disebabkan oleh dua fase tektonik utama yaitu tektonik kompresional dan tektonik ekstensional (Daly et al., 1991). Salah satu formasi yang ada di cekungan ini adalah Formasi Muara Enim yang menjadi formasi dengan penyimpanan endapan batubara dalam jumlah besar sehingga dikenal sebagai formasi pembawa batubara. Sejarah singkat batubara di Muaraenim adalah pada 1918, Cadangan antrasi ditemukan di area Bukit Asam yang kemudian disebut Tanjung Enim lalu pada 1919 pemerintah Belanda membuka penambangan batubara yang hingga kini masih berlangsung. PT. Bukit Asam (Persero) sendiri kini merupakan salah satu perusahaan yang berjalan di bidang pertambangan (Maysuri et al., 2021).

Penambangan batubara akan meninggalkan area terbuka yang tidak digunakan. Sebagian besar bekas tambang tersebut mengandung air asam dengan logam berat yang berpotensi membahayakan (Pirwanda & Pirngadie, 2018). Selain itu, penambangan juga menyebabkan terjadinya perubahan pada struktur kenampakan alam dan lahan yang tidak lagi mendukung proses pertumbuhan tanaman (Nurtjahya, 2008). Berbagai kegiatan dalam operasi penambangan mengakibatkan kerusakan pada struktur, tekstur, porositas, dan kepadatan massa tanah yang merupakan sifat fisik yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Tanah yang mengalami kondisi padat akibat pemadatan akan mengakibatkan sistem tata air yang buruk (infiltrasi dan perkolasi air) dan sirkulasi udara yang buruk (aerasi), secara langsung dapat berdampak buruk pada fungsi dan pertumbuhan akar. Akar menjadi tidak dapat tumbuh dengan baik dan kemampuannya untuk menyerap nutrisi akan terganggu, mengakibatkan tanaman tidak dapat berkembang secara normal. Kerusakan pada struktur dan tekstur juga membuat tanah tidak mampu menyimpan dan menyerap air dengan baik selama musim hujan, sehingga aliran permukaan air menjadi tinggi. Sebaliknya, pada musim kering, tanah menjadi keras dan sulit untuk diolah, yang pada akhirnya berdampak pada kesulitan tenaga kerja. (Hirfan, 2016).

Salah satu langkah dini dalam menanggulangi dampak lingkungan oleh aktivitas penambangan adalah mengidentifikasi area cakupan pertambangan secara spasial untuk mendapatkan informasi lokasi dan luas kawasan tersebut untuk kemudian ditindaklanjuti. Salah satu teknologi yang dapat mendukung hal ini merupakan teknologi penginderaan jauh. Indra jauh atau "indraja" memiliki lingkup area yang luas dan tersedia data yang terus-menerus, termasuk data historis dari masa lalu dan saat ini. Jenis data yang dapat dimanfaatkan dalam penginderaan jauh mencakup citra optik satelit, citra radar satelit, dan citra yang dihasilkan oleh pesawat tanpa awak atau pesawat berawak (Nugroho et al., 2019). Sentinel-2 merupakan salah satu jenis citra satelit resolusi menengah yang dapat dengan mudah diakses dan memiliki frekuensi perekaman ulang yang cukup baik. Citra satelit Sentinel-2 menawarkan kualitas data dengan resolusi spasial 10 m dibandingkan citra Landsat 9 yang memiliki resolusi 30 m. Terdapat 2 cara yang bisa digunakan untuk mengidentifikasi perubahan tutupan lahan melalui Sentinel-2 yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Normalized Burn Ratio* (NBR) (Arifin et al., 2020). Nilai NDVI menyatakan perbedaan antara pantulan cahaya yang terlihat dan inframerah-dekat dari tutupan vegetasi dan dapat dimanfaatkan untuk memproyeksikan tingkat kehijauan pada suatu wilayah lahan (Weier & Herring, 2000). Indeks atau nilai vegetasi (NDVI) dapat digunakan untuk mengenali perubahan pada lahan pertambangan serta luasan lahan yang tidak ditambang menggunakan analisis NDVI (Julzarika, 2018). Pendekatan menggunakan analisis NDVI dan *Tasseled Cap Transformation* dapat digunakan untuk mengawasi dan mengidentifikasi kemajuan dibidang rehabilitasi sebagai efektivitas reklamasi (Erener, 2011).

Beberapa penelitian terkait yang pernah dilakukan adalah pendeteksian kolam garam (*salt pond*) menggunakan Sentinel-2 dengan pendekatan *Object-Based Image Analysis* (OBIA) (Darmawan et al., 2022), pemetaan hutan *mangrove* menggunakan Sentinel-2 dengan pendekatan *Mangrove Health Index* (Hidayah et al., 2023), estimasi produktivitas padi menggunakan algoritma NDVI, EVI, dan SAVI Sentinel-2 (Ariani et al., 2020), pengklasifikasian tutupan lahan dengan memanfaatkan *Convolutional Neural Network Sentinel-2* (Miranda & Aryuni, 2021), dan pemantauan eksploitasi serta reklamasi tambang batubara menggunakan Sentinel-2 (Arifin et al., 2020). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kelayakan alih fungsi lahan bekas tambang

menggunakan citra satelit Sentinel-2 dengan memanfaatkan algoritma *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* and *Normalized Burn Ratio (NBR)*. Melalui penelitian ini, diharapkan adanya tindak lanjut agar tidak ada lagi pihak yang dirugikan terutama masyarakat sekitar.

METODE DAN DATA

Penelitian ini dilakukan di daerah pertambangan batu bara, yang berada di Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan yang ditampilkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Daerah Penelitian

Citra Sentinel-2 mempunyai 13 *band* yaitu 4 *band* beresolusi 10 meter, 6 *band* beresolusi 20 meter dan 3 *band* beresolusi 60 meter (dapat dilihat pada Tabel 1) (Hidayah *et al.*, 2023). Sentinel-2 melakukan pengulangan perekaman pada wilayah yang sama setiap 5 hari. Wilayah cakupan seluas 290 km² dengan peraturan data terbuka yang dapat diakses oleh masyarakat umum (Arifin *et al.*, 2020). Data yang dimanfaatkan adalah Sentinel-2 tahunan 2019, 2021, dan 2023 dengan parameter NDVI dan NBR *band* 4 (red), *band* 8 (NIR) dan *band* 11 (SWIR). Jenis *band* yang digunakan adalah *band* 4, 8, dan 11 dengan resolusi spasial secara berturut-turut adalah 10 m, 10 m, dan 20 m seperti yang ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Citra Sentinel-2 (Kawamuna, 2017)

<i>Band</i>	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)
<i>Band-1 Coastal Aerosol</i>	0,433-0,453	60
<i>Band 2- Blue</i>	0,458-0,523	10
<i>Band 3- Green</i>	0,543-0,578	10
<i>Band 4- Red</i>	0,650-0,680	10
<i>Band 5- Vegetation Red Edge</i>	0,698-0,713	20
<i>Band 6- Vegetation Red Edge</i>	0,733-0,748	20
<i>Band 7- Vegetation Red Edge</i>	0,765-0,785	20
<i>Band 8- NIR</i>	0,758-0,900	10
<i>Band 8A- Vegetation Red Edge</i>	0,855-0,875	20
<i>Band 9- Water Vapour</i>	0,930-0,950	60
<i>Band 10- SWIR Cirrus</i>	1,365-1,385	60
<i>Band 11- SWIR</i>	1,565-1,655	20

Secara garis besar, proses pengolahan dibagi menjadi 3 tahap yaitu pengumpulan data, pengolahan, dan interpretasi. Proses studi literatur termasuk kedalam tahap pengumpulan data. Tahap pertama ini akan menghasilkan data-data masukan untuk proses pengolahan, diantaranya yaitu *band 2*, *band 4*, *band 8*, dan *band 11* dari Sentinel-2. Pada proses pengolahan, akan didapatkan citra visual dari *band 2*, *Normalized Different Vegetation Index* (NDVI) dari *band 4* dan *band 8*, serta *Normalized Burn Ratio* (NBR) dari *band 11*. Perubahan-perubahan pada NDVI dan NBR tiap tahun akan dikorelasikan untuk kemudian ditentukan kelayakannya dalam hal alih fungsi lahan. Alur penelitian ini dijelaskan dalam diagram alir pada Gambar 2.

Indeks "kehijauan" oleh NDVI mencerminkan tingkatan kegiatan fotosintesis pada tanaman (Arifin et al., 2020). Indeks vegetasi berdasarkan pada observasi bahwa berbagai permukaan memiliki reflektansi yang berbeda tergantung pada jenis cahaya yang diterimanya. Tanaman yang sedang aktif melakukan fotosintesis cenderung umumnya menyerap sebagian besar cahaya merah dan memantulkan sejumlah besar cahaya inframerah dekat. Namun, tanaman mati atau kering cenderung memantulkan lebih banyak cahaya merah dan sedikit cahaya inframerah. Begitu pula, permukaan yang tidak ditumbuhi vegetasi memiliki tingkat reflektansi yang lebih seragam di seluruh spektrum cahaya. Formula NDVI dapat dilihat pada persamaan (1).

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

Dengan keterangan bahwa NIR adalah nilai *near infra red band* dan RED adalah nilai *band merah*. Rentang NDVI berkisar antara -1 sampai +1 (Ariani et al., 2020). Nilai NDVI yang lebih tinggi menyatakan bahwa adanya perbedaan yang lebih besar antara radiasi *infra red* dan RED yang terekam oleh sensor saat tumbuhan aktif berfotosintesis (Arifin et al., 2020). Perubahan dari tahun ke tahun diketahui dari nilai NDVI yang didapatkan dari persamaan (2) dimana $NDVI_{t1}$ adalah NDVI di tahun n dan $NDVI_{t2}$ adalah NDVI di tahun $n+1$.

$$NDVI = NDVI_{t2} - NDVI_{t1} \quad (2)$$

NBR atau *Normalized Burn Ratio* merupakan jenis *index* vegetasi yang digunakan dalam mengidentifikasi wilayah yang telah dimanfaatkan untuk pertambangan dan tingkat keterbukaan lahan. Nilai NBR tidak menggunakan panjang gelombang inframerah (NIR) dan gelombang pendek inframerah (SWIR) (Que et al., 2019). Berikut adalah rumus dari NBR dapat dilihat pada persamaan 3.

$$NBR = \frac{(NIR-SWIR)}{(NIR+SWIR)} \quad (3)$$

Tingkatan lahan serta tingkatan keterbukaan lahan dinilai dengan mengambil data NBR pada tahun ke- n (NBR_1) dan tahun ke- $n+1$ (NBR_2) seperti pada persamaan (4).

$$NBR = NBR_{t2} - NBR_{t1} \quad (4)$$

Tabel 2 digunakan untuk mengelompokkan *cluster* objek titik lokasi tambang berdasarkan pada tingkat penambangannya.

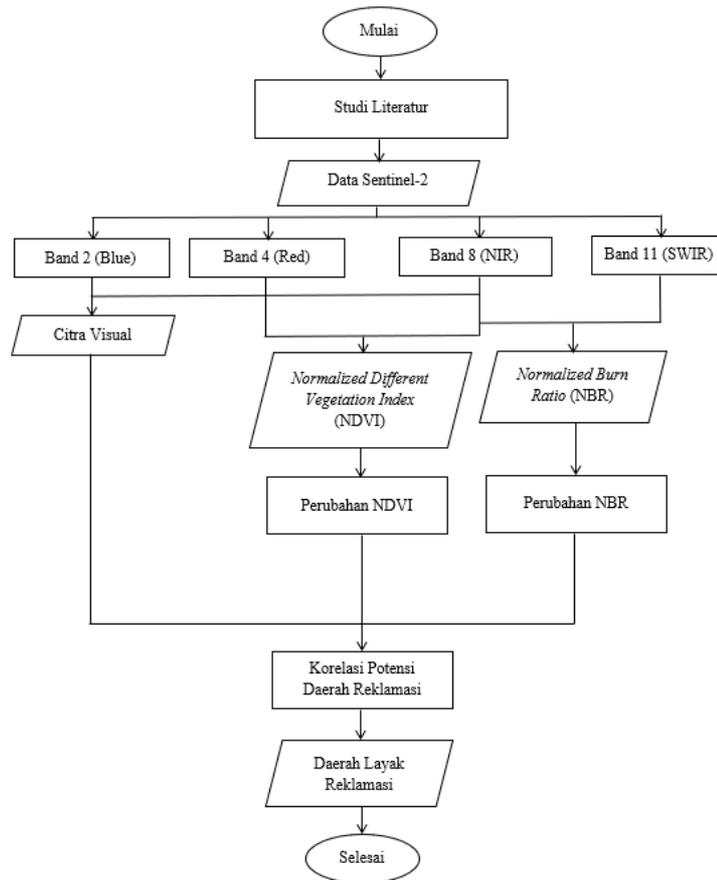
Tabel 2. Klasifikasi Tingkat Penambangan (Arifin et al., 2020)

Kelas Tingkat Penambangan	dNBR Range
Peningkatan pertumbuhan kembali	< - 0,1
Tidak ditambang	- 0,1 hingga + 0,1
Penambangan rendah	+ 0,1 hingga + 0,27
Tingkat penambangann sedang	+ 0,27 hingga + 0,66
Tingkat Penambang tinggi	> 0,66

Dalam penelitian ini, lahan tambang layak dialihfungsikan jika memenuhi persamaan (5) dimana

“n” adalah nilai ambang batas untuk NDVI dan m adalah nilai ambang batas untuk NBR.

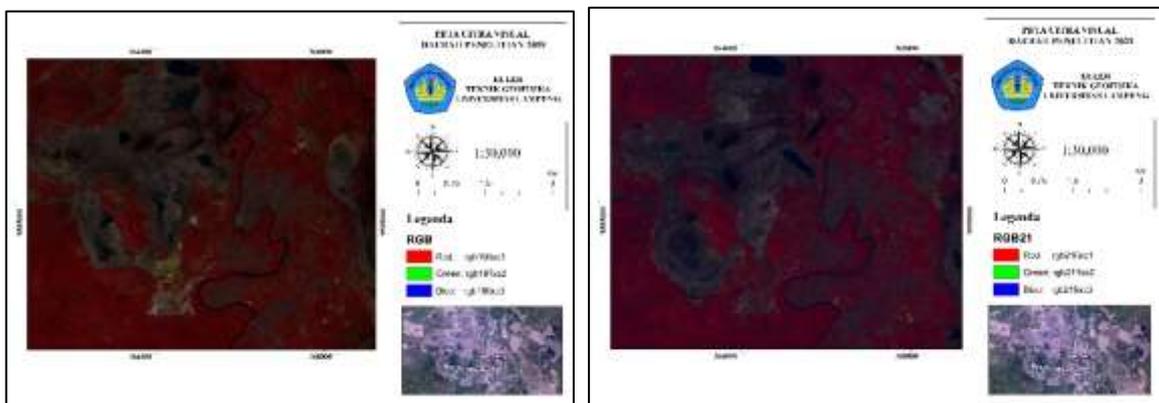
$$\text{Alih fungsi lahan} = \text{If } \Delta \text{NDVI} > n \text{ dan If } \Delta \text{NBR} < m \quad (5)$$

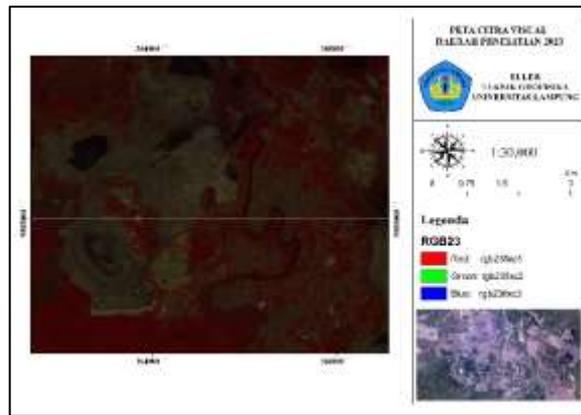


Gambar 2. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Reklamasi atau alih fungsi lahan harus dilakukan pada lahan bekas tambang karena dampak-dampak buruk yang ditimbulkan, beberapa diantaranya adalah erosi yang sulit dikendalikan, pencemaran logam berat, permasalahan status lahan, air asam tambang, dan ketidaksiapan masyarakat untuk beralih usaha. Gambar 3 adalah citra visual tahun 2019, 2021, dan 2023 daerah penelitian. Peta ini menunjukkan adanya perluasan area tambang yang ditandai dengan semakin luasnya daerah berwarna hitam disertai kemunculan dan pelebaran danau akibat penambangan.

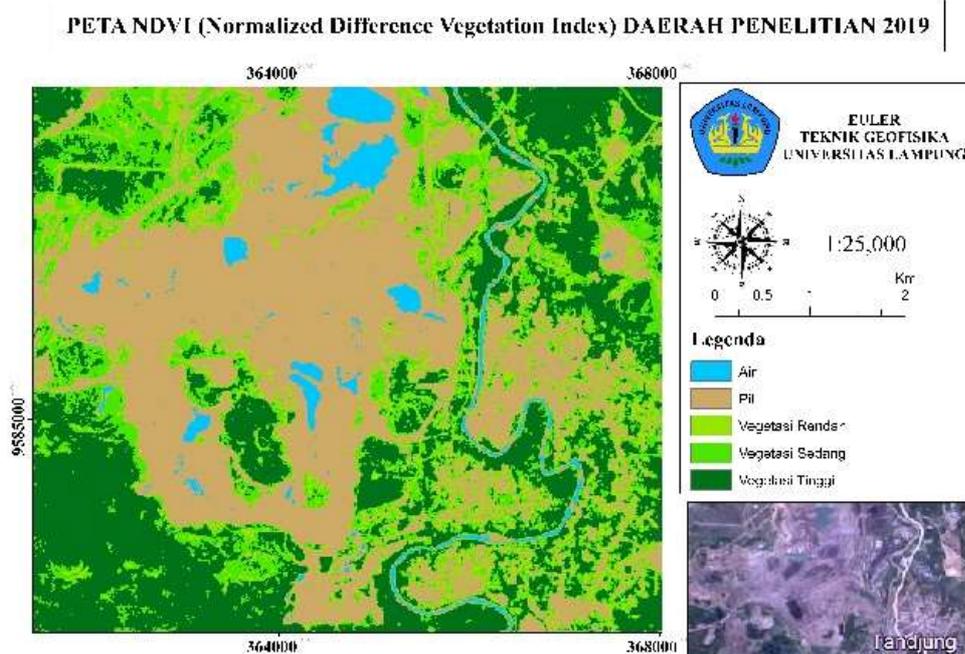


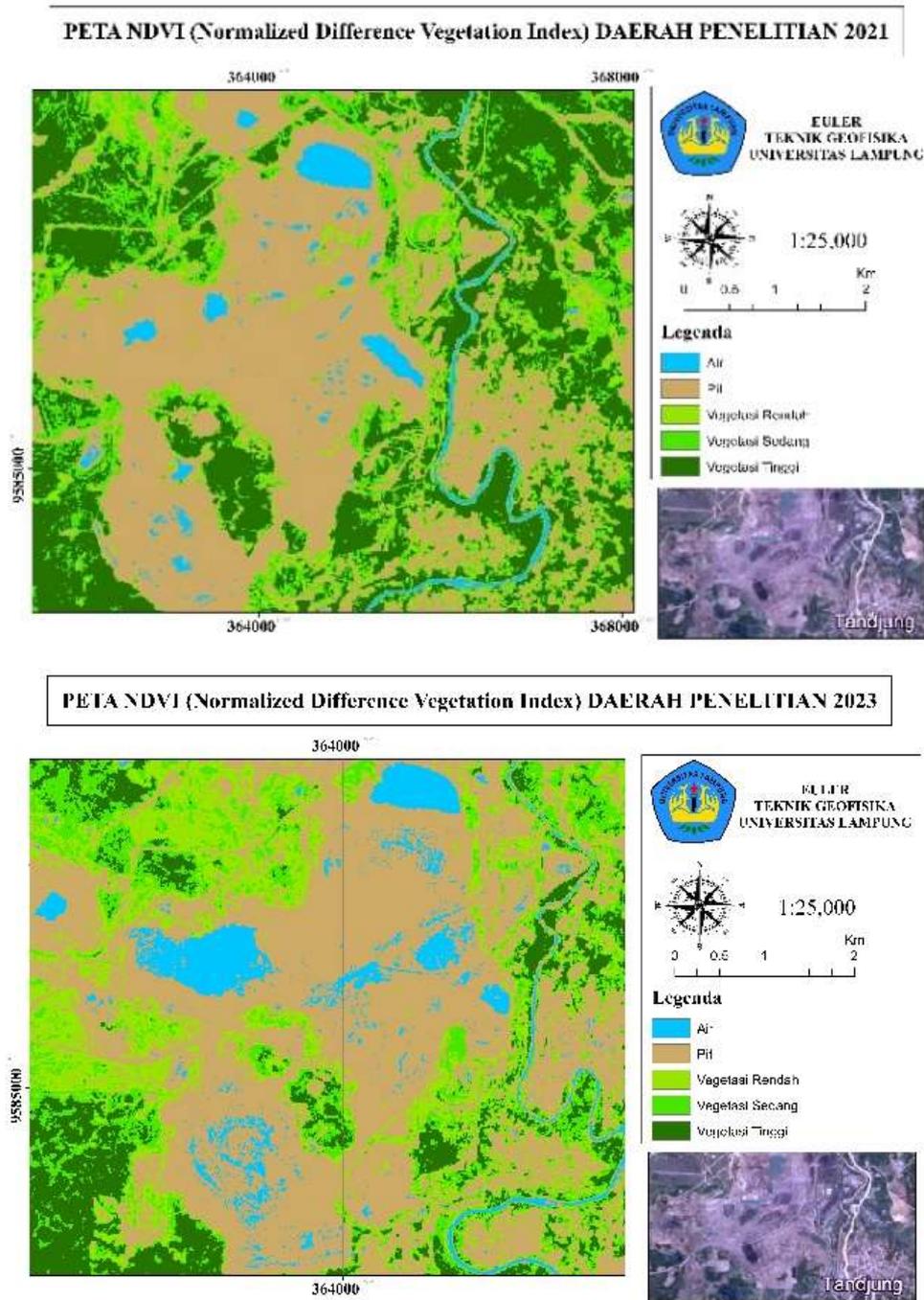


Gambar 3. Citra Visual Daerah Penelitian

Respons reflektansi spektrum terhadap objek vegetasi terlihat mirip jika memiliki pola yang sama. Perbedaan respons hanya bergantung pada nilai refleksi yang tinggi dari vegetasi rapat, sedang, dan rendah. Perubahan dari tutupan vegetasi ke lahan terbuka tambang menyebabkan perubahan dalam reflektansi yang terdeteksi oleh sensor yaitu pada *band* 4 (Red), 8 (NIR), dan 11 (SWIR) juga berubah. Nilai ambang batas yang digunakan untuk menyatakan daerah penelitian layak dialihfungsikan adalah -0.2 untuk *n* dan 0.1 untuk *m*. Dari pengolahan data didapatkan nilai 0.3 untuk NDVI 2019, 0.24 untuk NDVI 2021 serta 0.19 untuk NDVI 2023.

Dengan adanya perubahan tersebut menyebabkan indeks vegetasi mengalami penurunan nilai sehingga sebaliknya indeks tanah mengalami peningkatan nilai. Hal ini menyatakan bahwa perubahan lahan bervegetasi menjadi lahan tambang yang ditunjukkan pada **Gambar 4**. Daerah berwarna hijau muda menyatakan bahwa daerah tersebut memiliki indeks vegetasi yang lebih jarang daripada daerah berwarna hijau tua. Berdasarkan luasan, dari tahun 2019 ke 2021 terjadi peningkatan kawasan air, pit, dan vegetasi tinggi namun penurunan pada kawasan vegetasi rendah dan sedang. Sementara, kondisi dari tahun 2021 ke 2023, terjadi peningkatan pada kawasan air, pit, vegetasi rendah, dan vegetasi sedang namun penurunan pada area vegetasi tinggi. Hal ini merepresentasikan bahwa daerah penelitian cenderung mengalami perluasan area tambang disertai munculnya kawasan air berupa danau yang kerapatan tumbuhannya jarang bahkan tidak ada. Pernyataan ini selaras dengan citra visual yang merepresentasikan adanya perluasan lahan tambang.





Gambar 4. Indeks Vegetasi Daerah Penelitian

Pengolahan NDVI untuk tahun 2023 menghasilkan beberapa parameter yang dianggap penting dalam hal kelayakan alihfungsi lahan yaitu luas wilayah air, pit, vegetasi rendah, vegetasi sedang, dan vegetasi tinggi, sebagaimana disajikan pada Tabel 3. Luas wilayah yang bernilai *minus* artinya terjadi pengurangan atau pengecilan wilayah antar tahunnya. Dari tahun 2021 ke 2023 terjadi peningkatan paling signifikan pada vegetasi rendah dan penurunan paling signifikan pada vegetasi tinggi. Dari tahun 2019 ke tahun 2021 terjadi perluasan area pit dan penyempitan area bervegetasi sedang. Hal ini sesuai dengan tangkapan satelit pada citra visual dan peta NDVI di tahun terkait.

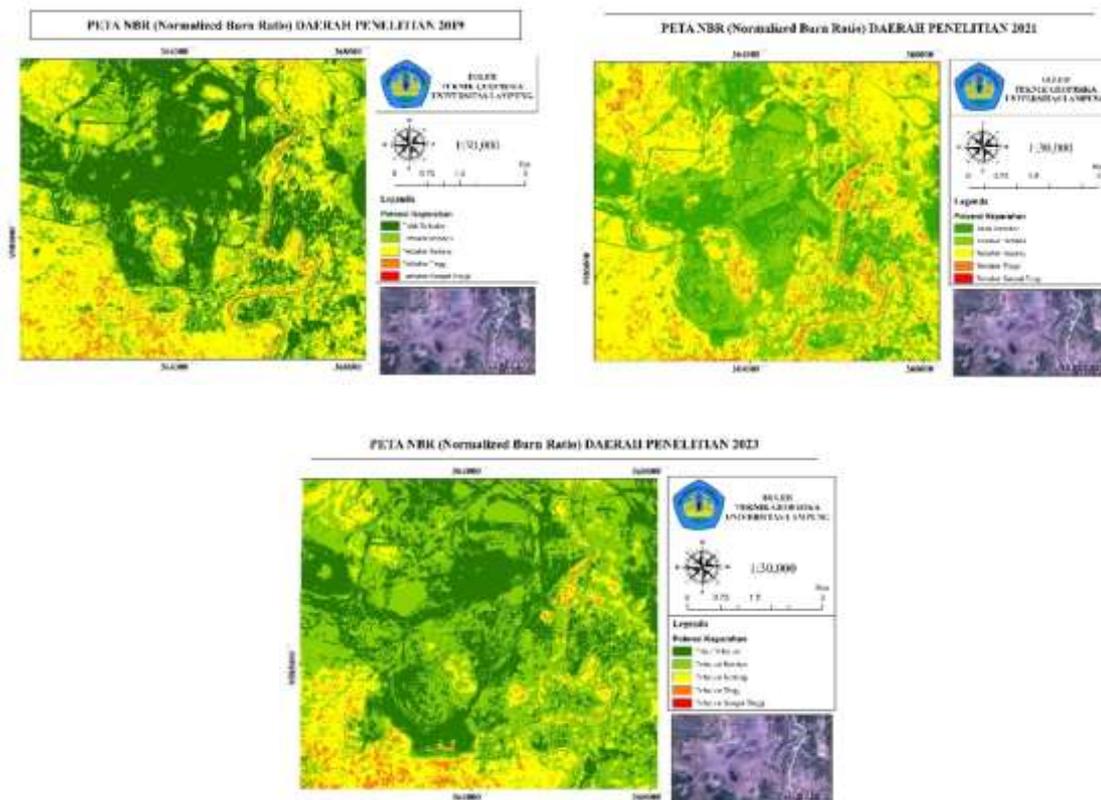
Tabel 3. Luas Area Berdasarkan Nilai NDVI pada tahun 2019, 2021, dan 2023

Lahan	2023-2021	2021-2019
Air	142	26
Pit	490	309

Vegetasi Rendah	785	-118
Vegetasi Sedang	113	-225
Vegetasi Tinggi	-1531	9

Vegetasi yang tidak terbakar digambarkan oleh indeks NBR yang tinggi sementara lahan kosong dan area terbakar digambarkan oleh nilai NBR yang rendah. Gambar 5 adalah peta NBR dari tahun 2019, 2021, dan 2023 yang menyatakan bahwa lahan galian tambang semakin luas bahkan, menyisakan danau yang mungkin berisi air asam. Dari pengolahan data didapatkan nilai -0.1 untuk NBR 2019, -0.104 untuk NBR 2021, serta -0.108 untuk NBR 2023 dimana nilai ambang batas yang digunakan adalah -0.2 untuk n dan 0.1 untuk m.

Ekspansi lahan tambang ini ditunjukkan dengan semakin banyaknya area berwarna merah dibandingkan area berwarna hijau yang dianggap sebagai daerah bervegetasi baik. Berdasarkan luasannya dari tahun 2019 ke 2021, terjadi peningkatan wilayah yang tidak terbakar, terbakar sedang, terbakar tinggi, dan terbakar sangat tinggi. Sementara dari tahun 2021 ke 2023, terjadi penurunan wilayah yang tidak terbakar, terbakar sedang, terbakar tinggi dan terbakar sangat tinggi namun terjadi peningkatan pada daerah terbakar sedang artinya daerah penelitian mengalami kecenderungan peningkatan area terbakar yang dalam hal ini dianggap sebagai perluasan area tambang.



Gambar 5. Indeks Kebakaran Daerah Penelitian

Didapatkan perubahan nilai NBR pada tahun 2019, 2021, dan 2023 beserta klasifikasi di daerah penelitian. Perubahan paling signifikan pada tahun 2021 ke 2023 yaitu pada area terbakar rendah yaitu terjadi peningkatan area terbakar rendah seluas 2.326 ha dan pada tahun 2019 ke 2021 terjadi perubahan paling signifikan pada area terbakar rendah yaitu penurunan luas wilayah terbakar rendah sebesar 1.046 ha.

Tabel 4. Luas Area Berdasarkan Nilai NBR pada tahun 2019, 2021, dan 2023.

Klasifikasi	2023-2021	2021-2019
Tidak terbakar	-808	790
Terbakar rendah	2326	-1046
Terbakar sedang	-1225	26

Terbakar tinggi	-288	227
Terbakar sangat tinggi	-5	5

KESIMPULAN

Alih fungsi lahan harus dilakukan pada lahan bekas tambang karena dampak-dampak buruk yang ditimbulkan, beberapa diantaranya adalah erosi yang sulit dikendalikan, pencemaran logam berat, permasalahan status lahan, air asam tambang, dan ketidaksiapan masyarakat untuk beralih usaha. Kegiatan penambangan menyebabkan penurunan nilai vegetasi yang dapat direpresentasikan oleh nilai NDVI. Tingkat kebakaran dapat direpresentasikan oleh NBR dimana jika bernilai tinggi menunjukkan vegetasi yang baik yaitu tidak terbakar sedangkan nilai jika nilai NBR rendah menunjukkan lahan kosong dan area yang terbakar. Dari pengolahan data didapatkan nilai 0.3 untuk NDVI 2019, 0.24 untuk NDVI 2021 serta 0.19 untuk NDVI 2023 sementara untuk NBR bernilai -0.1 untuk NBR 2019, -0.104 untuk NBR 2021, serta -0.108 untuk NBR 2023. Baik NBR dan NDVI dari tahun 2019, 2021, dan 2023 menunjukkan adanya perluasan area tambang dan area tersebut layak dialihfungsikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, D., Prasetyo, Y., & Sasmito, B. (2020). Estimasi Tingkat Produktivitas Padi Berdasarkan Algoritma NDVI, EVI, dan SAVI menggunakan Citra Sentinel-2 Multitemporal (Studi Kasus: Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 207-216.
- Arifin, S., Manalu, J., Kartika, T., Yulianto, F., Julzarika, A., Mukhoriyah, . . . Nugroho, G. (2020). Metode Pemantauan Eksploitasi dan Reklamasi Tambang Batubara Menggunakan Data Sentinel-2. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 17(2), 123-133.
- Barber, A., Crow, M., & J.S., M. (2005). *Sumatera: Geology, Resource and Tectonic Evolution*. London: Memoirs.
- Bishop, M. (2001). South Sumatera Basin Province, Indonesia: The Lahat/Talang Akar Cenozoic Total Petroleum System. *US Geological Survey*, 1-13.
- Daly, M., Cooper, M., Wilson, I., Smith, D., & Hooper, G. (1991). Cenozoic Plate Tectonics and Basin Evolution in Indonesia. *Marine and Petroleum Geology*, 21.
- Darmawan, M., Sutrisno, D., Nahid, I., Rudiastuti, A., Suryanta, J., & Sangadji, M. (2022). Salt Pond Detection on Sentinel 2 Satellite Imagery using Object-Based Image Analysis (OBIA) Approach. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (pp. 1-12). IOP Publishing.
- de Coster, G. (1974). The Geology of The Central and South Sumatera Basin. *Proceedings Indonesian Petroleum Association 3rd Annual Convention* (pp. 70-110). Jakarta: IPA.
- Erener, A. (2011). Remote Sensing of Vegetation Health for Reclaimed Areas of Seyitomer Open Cast Coal Mine. *International Journal of Coal Geology*, 86(1), 20-26.
- Hidayah, Z., Rachman, H., & As-Syakur, A. (2023). Pemetaan Kondisi Hutan Mangrove di Kawasan Pesisir Selat Madura dengan Pendekatan Mangrove Health Index Memanfaatkan Citra Satelit Sentinel-2. *Majalah Geografi Indonesia*, 37(1), 84-91.
- Hirfan. (2016). Strategi Reklamasi Lahan Pasca Tambang. *Pena Teknik: Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Teknik*, 101-108.
- Horne, J., Caruccio, F., & Baganz, B. (1979). Depositional Models in Coal Exploration and Mine Planning in Appalachian Region. *The Americans Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 2379-2411.
- Julzarika, A. (2018). Mining Land Identification in Water Island Using Remote Sensing Data. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*.
- Kawamuna, E. (2017). Analisis Kesehatan hutan mangrovw berdasarkan metode klasifikasi NDVI pada Citra Sentinel-2. *Jurnal Geodesi Undip Januari 2017*, 6, 277-284.
- Maysuri, T., Sair, A., & Yusuf, S. (2021). Sejarah Penambangan Batubara Bukit Asam di Tanjung Enim. *Historia: Jurnal Program Studi Pendidikan Sejarah*, 87-96.
- Miranda, E., & Aryuni, M. (2021). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Convolutional Neural Network pada Citra Satelit Sentinel-2. *Sistemasi: Jurnal Sistem Informasi*, 10(2), 323-335.

- Mjinbouw, S. (1976). Geological Study of The Bukit Asam Coal Mines.
- Nafian, M., & Rizal, Y. (2021). Geologi Batubara Daerah Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. *Bulletin of Geology*, V(2), 589-611.
- Nugroho, U., Kushardono, D., & Dewi, E. (2019). Identifikasi Kawasan Pertambangan Timah Menggunakan Data Satelit Sentinel -1 dengan Metode Object Based Image Analysis (OBIA). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 140-148.
- Nurtjahya, E. (2008). Revegetasi Lahan Pasca Tambang Timah dengan Beragam Jenis Pohon Lokal di Pulau Bangka [Disertasi]. Institut Pertanian Bogor : Bogor
- Pirwanda, F., & Pirngadie, B. (2018). Dampak Kegiatan Tambang Timah Inkonvensional Terhadap Perubahan Guna Lahan di Kabupaten Belitung. *Jurnal Planologi Unpas*, 177-194.
- Que, V., Prasetyo, S., & Fibriani, C. (2019). Analisis Perbedaan Indeks Vegetasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dan Normalized Burn Ratio (NBR) Kabupaten Pelalawan Menggunakan Citra Satelit Landsat 8. *Indonesian Journal of Modeling and Computing*, 1, 1-7.
- Sari, N., & Kushardono, D. (2014). Klasifikasi Penutup Lahan Berbasis Obyek pada Data Foto Uav untuk Mendukung Penyediaan Informasi Penginderaan Jauh Skala Rinci. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, XI(2).
- Weier, J., & Herring, D. (2000). Measuring Vegetation (NDVI and EVI), EOS Project Science Office at NASA Goddard Space Flight Center.