

Identifikasi Perubahan Tutupan Lahan Tambang Timah di Kabupaten Bangka Tengah Menggunakan Machine Learning dan Google Earth Engine (GEE)

Identification of Tin Mining Land Cover Change in Central Bangka Regency Using Machine Learning dan Google Earth Engine (GEE)

Fifin Fitriana^{1*}, Eka Altiarika², Ririn Apriyani¹, Nurlaila Saadah²)

¹Program Studi Konservasi Sumber Daya Alam, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Bangka Belitung, Pangkalpinang, Indonesia

²Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Bangka Belitung, Pangkalpinang, Indonesia

*Penulis korespondensi: fifin.fitriana@unmuhbabel.ac.id

Received October 2024, Accepted December 2024, Published December 2024

ABSTRAK

Informasi mengenai perubahan luas lahan tambang timah sangat penting sebagai dasar untuk melakukan rehabilitasi yang mendukung terciptanya kelestarian lingkungan. Kabupaten Bangka Tengah, Provinsi Bangka Belitung memiliki aktivitas penambangan timah yang tinggi dan berpotensi besar terhadap kerusakan lingkungan. Terlebih lagi jika kegiatan penambangan dilakukan oleh penambang Timah Inkonsvensional (TI) yang mayoritas tidak memiliki izin lingkungan sehingga meninggalkan lubang-lubang bekas galian tanpa upaya rehabilitasi. Akibatnya, banyak area tambang yang semakin bertambah luas setiap tahunnya dan akan diperparah jika terjadi lonjakan harga timah. Kegiatan penambangan akan menjamur hingga ke daerah pemukiman penduduk yang sangat berbahaya bagi masyarakat karena munculnya pencemaran logam, sedimentasi dan erosi tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis perubahan lahan tambang timah dari tahun 2013–2022, dan memetakan persebaran lahan tambang timah di Kabupaten Bangka Tengah. Analisis perubahan lahan tambang ini menggunakan integrasi antara penginderaan jauh dan teknik Machine Learning. Algoritma CART (*Classification And Regression Trees*) digunakan untuk klasifikasi perubahan lahan tambang dan proses analisis dilakukan pada platform GEE (*Google Earth Engine*). Penelitian ini menunjukkan bahwa luas lahan tambang di Kabupaten Bangka Tengah meningkat dari 132,19 km² pada tahun 2013 menjadi 207,62 km² pada tahun 2022, dengan kenaikan sebesar 75,42 km² (3,58%).

Kata kunci: Bangka Tengah; *Machine Learning*; *Google Earth Engine*; tambang timah

ABSTRACT

*Information on changes in the area of tin mining land is crucial as a basis for rehabilitation efforts to support environmental sustainability. Bangka Tengah Regency, located in Bangka Belitung Province, experiences high levels of tin mining activity, posing significant environmental damage risks. This is particularly concerning when mining is carried out by unconventional tin miners (TI), most of whom lack environmental permits, leaving abandoned mining pits without rehabilitation efforts. Consequently, the area of mining land expands each year, exacerbated by surges in tin prices. Mining activities may even spread to residential areas, endangering communities through metal contamination, sedimentation, and soil erosion. This study aims to analyze changes in tin mining land from 2013 to 2022 and map the distribution of tin mining areas in Bangka Tengah Regency. The analysis integrates remote sensing with Machine Learning techniques. The CART (*Classification and Regression Trees*) algorithm is employed for the classification of mining land changes, with analysis conducted on the Google Earth Engine (GEE) platform. The study reveals that the tin mining land area in Bangka Tengah increased from 132.19 km² in 2013 to 207.62 km² in 2022, reflecting an increase of 75.42 km² (3.58%).*

Keywords: *Central Bangka*; *Google Earth Engine*; *Machine Learning*; *tin mining*

PENDAHULUAN

Perubahan tutupan lahan akibat kegiatan antropogenik seperti penambangan perlu dipelajari untuk meningkatkan pemahaman tentang pengelolaan lahan dan sumber daya alam berkelanjutan (Mawenda et al., 2020), khususnya perubahan lahan akibat penambangan timah seperti di Kabupaten Bangka Tengah. Kerusakan akibat penambangan tersebut meningkat terutama sejak munculnya tambang Timah Inkonsvensional (TI) setelah tahun 2000 (Indra, 2014). Adanya

Kepmenperindag Nomor 558/MPP/Kep/12/1998 tentang Ketentuan Umum di Bidang Ekspor yang tidak memuat timah sebagai barang yang diatur dan diawasi ekspornya, serta diperkuat dengan Perda No.6 tahun 2001 yang mengatur bahwa rakyat boleh melakukan penambangan timah, menjadi awal munculnya tambang TI yang dilakukan oleh masyarakat lokal secara langsung (Ibrahim et al., 2018). Hasilnya tambang TI tumbuh tidak terkendali dan tanpa pengawasan lingkungan sehingga dampak terhadap lingkungan terlihat jelas. Kondisi tersebut

diperparah dengan melonjaknya harga timah dunia pada bulan September 2021 yang merupakan harga tertinggi selama pengusahaan timah. Kegiatan tambang TI semakin menjamur, bahkan jumlah hasil produksi timah dunia sebagian besar dihasilkan oleh tambang TI (Sukarman et al., 2020).

Penambangan timah sendiri akan merubah peruntukan lahan yang tidak sesuai RTRW (Biney et al., 2022). Terlebih jika dilakukan oleh penambang TI dengan tidak memperhatikan izin lingkungan. Lokasi penambangan dan upaya perbaikan lingkungan akan sulit dikontrol, sehingga hanya tertinggal *tailing*, lahan kritis miskin hara serta kolong. *Tailing* yang akan dibuang pada proses penambangan mengandung logam berat seperti timbal (Pb) yang tinggi (Yuarsah et al., 2017). Selain itu, pada kolong akan terkontaminasi logam berat lain seperti ferum (Fe), timbal (Pb), dan arsen (As) yang melebihi ambang batas normal yaitu >4 ppm sehingga berbahaya bagi Kesehatan (Mezylia & Darsiharjo, 2017).

Upaya rehabilitasi sangat diperlukan agar dampak kerusakan lingkungan dapat teratasi dan tercipta keberlanjutan lingkungan. Namun pada kenyataannya, tambang TI yang syarat dengan tidak adanya izin lingkungan membuat pemerintah kesulitan untuk mengetahui distribusi, luasan dan prediksi lahan tambang. Sehingga, kebijakan pengelolaan dan rehabilitasi lahan pasca tambang timah masih belum optimal dilakukan. Sementara itu, jika kegiatan pengelolaan dan rehabilitasi lahan pasca tambang dilakukan secara optimal, selain perbaikan lingkungan juga tercipta *multiplier effect* terutama pada bidang ekonomi. Lahan pasca tambang timah ini akan dapat dijadikan tempat wisata, lahan pertanian dan perkebunan, sumber air baku, budidaya ikan air tawar serta pemanfaatan bentuk lainnya (Munir & Setyowati, 2017).

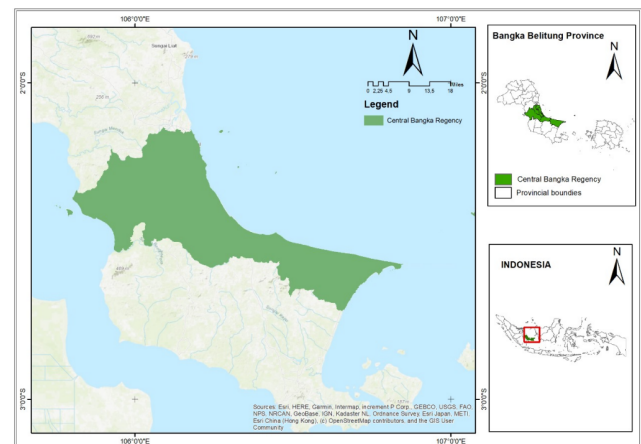
Upaya rehabilitasi dan pengelolaan lahan pasca tambang timah masih terbatas pada informasi keruangan atau spasial. Penginderaan jauh merupakan teknologi yang sangat sesuai untuk memetakan dan memantau area tambang (Iskandar & Hanafi, 2022), serta memiliki peran penting dalam penelitian dan perencanaan wilayah (Talukdar et al., 2020). Teknologi ini juga mendukung berbagai upaya konservasi, termasuk analisis kesesuaian habitat bagi satwa dilindungi (Fitiriana et al., 2016; Fitiriana, 2021). Dalam konteks rehabilitasi lahan pasca-tambang, Machine Learning (ML) menjadi alat yang efektif dengan memanfaatkan data citra satelit dan penginderaan jauh untuk memetakan, mengklasifikasikan, serta memprediksi perubahan tutupan lahan tambang. Algoritma seperti *Random Forest*, *Support Vector Machine*, dan *Convolutional Neural Networks* mampu mengevaluasi keberhasilan rehabilitasi secara akurat. Integrasi penginderaan jauh dengan ML pada platform seperti *Google Earth Engine (GEE)* memungkinkan akuisisi data yang lebih cepat, dengan cakupan lebih luas dan hasil yang akurat untuk memetakan, memantau, maupun memprediksi kondisi area tambang. Algoritma yang terus dikembangkan juga mendukung analisis data

yang lebih sistematis dan mendalam. *Machine Learning* sekarang ini menjadi teknik analitik terkemuka yang digunakan untuk memantau, memetakan, serta mengukur penggunaan dan tutupan lahan dan perubahannya dari waktu ke waktu (Yuh et al., 2023). Pada akhirnya penggunaan penginderaan jauh dan *machine learning* tersebut dapat memberikan informasi yang lebih baik untuk keperluan dasar penentu kebijakan pengelolaan dan rehabilitasi lahan pasca tambang timah di Kab. Bangka Tengah. Penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan lahan tambang selama 2013–2022 serta memetakan distribusi lahan tambang timah di Kabupaten Bangka Tengah.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Agustus hingga Desember 2023. Lokasi penelitian adalah Kabupaten Bangka Tengah, Provinsi Kep. Bangka Belitung. Secara geografis terletak pada koordinat -105°75' BT-106°80' BT dan 2°20' LS - 2°80' LS dengan lokasi yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah, GPS (*Global Positioning System*), kamera, alat tulis. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Platform GEE (Google Earth Engine)*, *Software ArcGis*, data spasial batas administrasi Kabupaten Bangka Tengah, dan Citra Landsat 8 OLI TIRS tahun 2013 dan tahun 2022.

Jenis dan Metode Pengumpulan Data

Tahapan pada penelitian ini meliputi pengumpulan data, persiapan citra, klasifikasi, validasi dan deteksi perubahan lahan tambang. Jenis data yang dikumpulkan berupa titik lapangan setiap jenis tutupan lahan yang akan digunakan sebagai titik *training* sebanyak 70% dan validasi sebanyak 30%.

Dataset yang digunakan adalah Citra Landsat 8 OLI TIRS tahun 2013 dan tahun 2022. Pemilihan citra Landsat disebabkan oleh rekam jejak waktu yang lebih panjang, memungkinkan penggunaan citra dari tahun 2013, serta resolusi 30 meter yang efektif untuk

mendeteksi perubahan tutupan lahan dalam skala luas, seperti area pertambangan.

Tahap awal klasifikasi tutupan lahan memerlukan penyaringan citra satelit dengan tutupan awan di bawah 20%. Metode untuk menghilangkan awan pada citra Landsat 8 menggunakan GEE yaitu dengan

1. Filter Cloud Cover: Memilih citra berdasarkan persentase tutupan awan terendah dalam rentang waktu tertentu. Metode ini tidak sepenuhnya menghilangkan awan, tetapi hanya meminimalkan jumlahnya.
2. Filter Masking: Menggabungkan beberapa citra dari tanggal berbeda untuk menghasilkan citra yang lebih bersih. Metode ini menggunakan band BQA untuk mendeteksi dan menghilangkan awan, dikenal sebagai proses *fill and gap*.

Citra yang sudah terkoreksi, selanjutnya dilakukan klasifikasi setiap jenis tutupan lahan didasarkan pada kriteria seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi jenis tutupan lahan

No	Jenis Tutupan Lahan	Properti	Deskripsi
1	Vegetasi	Lc 0	Daerah di mana kepadatan areal mahkota pohon (persentase penutupan mahkota) mencapai 10 persen atau lebih, diisi dengan pohon yang mampu menghasilkan kayu atau produk kayu lainnya.
2	Tambang	Lc 1	Semua area pertambangan mencakup baik skala kecil maupun besar. Ini mencakup tanah terbuka, batuan terluar, dan bahkan lahan terbengkalai setelah pertambangan
3	Kebun	Lc 2	lahan yang sudah disiapkan untuk pertanian tanaman, lahan yang sudah ditanami dan dipanen. Semua jenis tanaman termasuk dalam kategori ini, termasuk perkebunan pohon. Semak, padang rumput, dan vegetasi yang jarang juga termasuk.
4	Lahan Terbangun	Lc 3	Permukiman, bangunan industri dan kompleks, transportasi, serta utilitas.

Hasil klasifikasi selanjutnya dilalukan validasi untuk melihat seberapa akurat klasifikasi yang telah dilakukan.

Analisis Data

Klasifikasi Tutupan Lahan

Klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan menggunakan algoritma CART (*Classification and Regression Trees*). CART adalah metode non-parametrik yang membagi data secara rekursif menjadi subset yang lebih kecil dan homogen tanpa memerlukan asumsi distribusi (Colditz, 2015). Algoritmanya mengevaluasi semua variabel prediktor pada setiap tahap untuk menemukan pemisahan terbaik, dan proses ini diulang untuk setiap subset.

Proses klasifikasi *machine learning* dimulai dengan pengambilan sampel pelatihan berdasarkan jenis tutupan lahan, kemudian dilanjutkan dengan klasifikasi menggunakan algoritma CART. Tutupan lahan diklasifikasikan ke dalam empat kategori (Tabel 2) dan setiap kategori diwakili oleh bilangan bulat mulai dari 1, sesuai dengan prosedur klasifikasi di GEE. Penentuan klasifikasi dilakukan berdasarkan tutupan lahan yang dominan untuk menganalisis perbandingan perubahan luas lahan tambang dengan kategori tutupan lainnya.

Uji Akurasi

Matriks kesalahan (*Confussion Matrix*) digunakan untuk menentukan apakah item dalam setiap kategori diklasifikasikan secara akurat dengan membandingkan posisi dan kategori piksel yang diukur dengan posisi dan kategori yang cocok dalam hasil klasifikasi. Jika hasil perhitungan matrik konfusi melebihi 80%, klasifikasi citra dianggap benar (Putri et al., 2022; Syamsulrizal, 2021). Perhitungan *confussion matrix* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Matrik Konfusi (Arison dang et al., 2015)

Kelas Referensi	Dikelaskan ke Kelas (Data Klasifikasi di Peta)			Jumlah Piksel	Akurasi Pembuat
	A	B	C		
A	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{1+}	X_{11}/X_{1+}
B	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{2+}	X_{22}/X_{2+}
C	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{3+}	X_{33}/X_{3+}
Total Piksel	X_{+1}	X_{+2}	X_{+3}	N	
Akurasi Pengguna	X_{11}/X_{+1}	X_{22}/X_{+2}	X_{33}/X_{+3}		

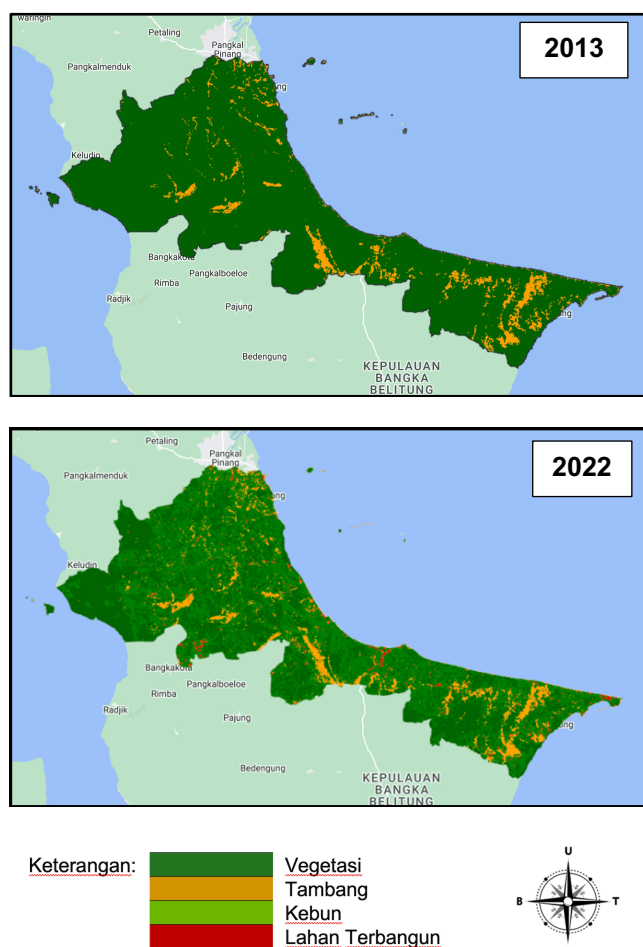
Akurasi keseluruhan (OA) termasuk dalam matrik evaluasi spesifik. Rasio piksel yang berhasil dikategorikan dengan jumlah total piksel diwakili oleh OA. Tidak hanya piksel yang dikategorikan dengan benar yang diperiksa, tetapi juga piksel yang terlewatkan dan salah klasifikasi. Berikut ini adalah ekspresi dari OA:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ii}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n x_{ij}}$$

di mana x masing-masing menggambarkan elemen pada baris, kolom, dan diagonal tertentu dari Matriks kesalahan (*Confussion Matrix*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengumpulan data titik disetiap jenis tutupan lahan di lapangan, diperoleh 93 titik lapangan dari keseluruhan jenis tutupan lahan. Dari 93 titik tersebut yang digunakan untuk *training* data sebanyak 72 titik dan 21 titik digunakan untuk validasi model. Hasil klasifikasi data yang dilakukan pada Citra Landsat 8 OLI tahun 2013 dan 2022 dengan menggunakan algoritma CART adalah sebagai berikut (Gambar 2).



Gambar 2. Peta deteksi perubahan lahan

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa dari tahun 2013 hingga 2022 telah terjadi perubahan luasan tambang. Adapun secara rinci luasan pada setiap kelas tutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Luas setiap kelas tutupan lahan

Tipe Tutupan Lahan	Area (km ²)				Ket
	2013	2022	Perubahan	%	
Vegetasi	986,49	398,7	-587,79	-27,91	Turun
Tambang timah	132,19	207,62	75,42	3,58	Naik
Perkebunan	941,12	1405,53	464,41	22,05	Naik
Area Terbangun	46,33	94,28	47,95	2,28	Naik
Total area	2106,13	2106,13			

Hasil analisis perubahan tipe tutupan lahan di Kabupaten Bangka Tengah selama periode 2003–

2022 menunjukkan dinamika yang signifikan, terutama pada area tambang timah. Luas tambang timah meningkat dari 132,20 km² pada tahun 2013 menjadi 207,62 km² pada tahun 2022, dengan perubahan sebesar 75,42 km² atau setara dengan peningkatan 3,58% dari total luas wilayah. Hal ini mencerminkan ekspansi aktivitas tambang timah yang menjadi salah satu penyebab utama perubahan penggunaan lahan di wilayah tersebut.

Sebaliknya, vegetasi alami mengalami penurunan terbesar, yaitu sebesar 587,79 km² atau sekitar 27,91%, yang sebagian besar kemungkinan dialihkan untuk kebutuhan tambang, perkebunan, dan pembangunan. Perubahan ini menunjukkan pergeseran lahan dari vegetasi alami menuju aktivitas manusia, terutama aktivitas tambang dan perkebunan, yang secara kolektif mendominasi transformasi lanskap wilayah.

Perubahan lainnya termasuk peningkatan luas perkebunan sebesar 464,41 km² (22,05%) dan area terbangun sebesar 47,95 km² (2,28%), menunjukkan *tren* urbanisasi dan konversi lahan yang semakin intensif.

Peningkatan luasan pertambangan timah di Kabupaten Bangka Tengah selama kurun waktu 10 tahun ini sebagian besar disebabkan oleh intensifikasi penambangan timah, seiring dengan meningkatnya permintaan global terhadap logam tersebut. Kondisi ini mendorong eksploitasi sumber daya secara lebih agresif, termasuk perluasan penambangan ke wilayah-wilayah baru (Nugraha & Purwanto, 2020). Cadangan timah di beberapa lokasi lama yang mulai menipis membuat kegiatan penambangan bergeser ke area yang belum tergarap sebelumnya, menyebabkan konversi lahan yang lebih luas menjadi lahan tambang. Ekspansi ini mengakibatkan peningkatan lahan terbuka dan perubahan tutupan lahan yang signifikan (Purnaweni et al., n.d.).

Selain itu, lemahnya implementasi reklamasi lahan pasca tambang juga menjadi faktor kunci. Meskipun terdapat regulasi yang mengatur rehabilitasi lahan bekas tambang, praktik di lapangan sering kali tidak optimal, dengan tingkat revegetasi dan pemulihan ekosistem yang rendah. Keterbatasan teknologi, dana, dan kesadaran dalam melakukan rehabilitasi yang memadai mengakibatkan banyak lahan pasca tambang tetap dalam kondisi rusak dan tidak berfungsi ekologis. Hal ini diperparah oleh adanya praktik penambangan *illegal* atau tidak terdaftar, di mana kegiatan reklamasi hampir tidak pernah dilakukan, menambah luas area yang rusak (Haryadi et al., 2022).

Faktor lingkungan seperti perubahan iklim turut memperburuk kondisi lahan pasca tambang. Curah hujan yang tinggi dapat meningkatkan risiko erosi di lahan yang sudah terganggu (Pambudi et al., 2023), sementara kekeringan dapat memperlambat proses regenerasi alami (Singh et al., 2023). Kondisi ini membuat lahan pasca tambang lebih rentan terhadap degradasi lebih lanjut (Singh et al., 2023) sehingga memperlambat upaya pemulihan dan memperluas area yang mengalami kerusakan. Akibatnya, lahan

pasca tambang yang belum sepenuhnya direklamasi terus bertambah seiring dengan berjalannya waktu.

Pada Tabel 4 juga dapat terlihat bahwa terjadi penurunan tutupan vegetasi secara drastis, yang sejalan dengan peningkatan area tambang timah, perkebunan, dan lahan terbangun. Pengurangan tutupan vegetasi ini mencerminkan adanya perubahan signifikan dalam pemanfaatan lahan, yang didorong oleh tekanan ekonomi dan kebutuhan lahan baru untuk industri dan pemukiman.

Hasil penelitian menunjukkan perubahan signifikan dalam penggunaan lahan dari tahun 2013 hingga 2022, dengan peningkatan terbesar terjadi pada area perkebunan yang bertambah 22.05 % atau sekitar 464,41 km². Peningkatan ini menandakan pergeseran pemanfaatan lahan untuk sektor agrikultur, yang dapat memberi manfaat ekonomi tetapi juga menimbulkan risiko degradasi habitat alami jika tidak dikelola dengan berkelanjutan (Nahriyah, 2024). Diikuti oleh kenaikan luas tambang timah sebesar 2,5% atau 76,17 km², yang mencerminkan intensifikasi aktivitas pertambangan akibat tingginya permintaan pasar (Pirwanda et al. 2015). Meskipun memberikan dampak ekonomi, pertambangan berisiko menyebabkan pencemaran dan degradasi lingkungan jika tidak dilakukan secara bertanggung jawab (Sutono et al. 2019).

Area terbangun juga mengalami peningkatan sebesar 2.28%, bertambah 47,95 km², sejalan dengan kebutuhan infrastruktur dan pemukiman yang meningkat. Namun, perluasan area terbangun berpotensi mengurangi area resapan dan meningkatkan aliran permukaan yang dapat berdampak pada kondisi hidrologi Kawasan (Maftukhah et al., 2023).

Adanya konversi dari vegetasi alami menjadi area pertanian, tambang, dan terbangun secara ekologis dapat mengancam keseimbangan ekosistem yakni hilangnya keanekaragaman hayati dan gangguan pada proses ekosistem yang vital. Pergeseran besar dalam pemanfaatan lahan ini menuntut strategi pengelolaan lahan untuk keberlanjutan lingkungan di Kabupaten Bangka Tengah.

Uji Akurasi

Validasi dimaksudkan untuk melihat seberapa akurat klasifikasi yang dilakukan perhitungan melalui uji akurasi. Besar akurasi dari klasifikasi yang telah dilakukan dihitung berdasarkan sampel hasil klasifikasi yang dibuat. Klasifikasi tutupan lahan menggunakan rentang nilai yang terdapat pada data raster yang telah dilakukan *groundcheck* menggunakan 21 titik untuk uji akurasi analisis yang dilakukan. Berikut hasil akurasi dari klasifikasi yang telah dilakukan (lihat Gambar 3). Dari Gambar 3 tersebut terlihat hasil uji akurasi pada kedua klasifikasi pada tahun 2013 dan 2022 dalah 89% dan 82% hal ini menunjukkan bahwa hasil klasifikasi dapat diterima.

Confusion matrix 2013	Confusion matrix 2022
JSON [[3815,0,0,0],[0,84,0,0],],[389,16,0,0],[20,30,0, ,4]]	JSON List (4 elements) 0: [0,0,0,0] 1: [2,626,39,4] 2: [155,6,523,15] 3: [0,18,14,22]
0: [3815,0,0,0] 1: [0,84,0,0] 2: [389,16,0,0] 3: [20,30,0,4]	
Overall accuracy: 0.8955943093162001	Overall accuracy: 0.8223314606741573

Gambar 3. Besar akurasi klasifikasi tahun 2013 dan tahun 2022

KESIMPULAN

Luas lahan tambang di Kabupaten Bangka Tengah dari tahun 2013 sampai dengan tahun 2022 mengalami peningkatan sebesar 75,42 km², dari 132,19 km² menjadi 207,62 km² (3,58%). Peningkatan ini mencerminkan tingginya intensitas aktivitas penambangan timah di wilayah tersebut, yang berpotensi memberikan dampak ekonomi namun juga berisiko menyebabkan kerusakan lingkungan jika tidak diimbangi dengan pengelolaan dan rehabilitasi yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisonang, V., Sudarsono, B., & Prasetyo, Y. (2015). Studi Kasus Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat. In *Jurnal Geodesi Undip Januari* (Vol. 4, Issue 1).
- Biney, E., Biney, N., Dadzie, I., Harris, E., Quartey, G. A., Asare, Y. M., Bessah, E., & Forkuo, E. K. (2022). Impact of mining on vegetation cover: A case study of Prestea Huni-Valley municipality. *Scientific African*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01387>
- Colditz, R. R., (2015). An Evaluation of Different Training Sample Allocation Schemes for Discrete and Continuous Land Cover Classification Using Decision Tree-Based Algorithms. *Remote Sensing* 7, 9655-9681; doi:10.3390/rs70809655.
- Haryadi, D., Ibrahim, I., & Darwance, D. (2022). Environmental Law Awareness as Social Capital Strategic in Unconventional Tin Mining Activities in the Bangka Belitung Islands. *Society*, 10(2), 665–680. <https://doi.org/10.33019/society.v10i2.455>
- Ibrahim, Haryadi, D., & Wahyudin, N. (2018). The Social Dilemma of Tin Mining of Non-miners People: A Comparative Study between Bangka and Belitung People's Perception. *E3S Web of Conferences*, 73. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187302014>
- Indra, C. A. (2014). Implikasi Terbitnya Regulasi Tentang Pertimahan Terhadap Dinamika Pertambangan Timah Inkonvensional Di Pulau Bangka. *Society*, 2(1), 26–41. <https://doi.org/10.33019/society.v2i1.47>

- Maftukhah, R., Kral, R. M., Mentler, A., Ngadisih, N., Murtiningrum, M., Keiblinger, K. M., Gartner, M., & Hood-Nowotny, R. (2023). Post-Tin-Mining Agricultural Soil Regeneration Using Local Resources, Reduces Drought Stress and Increases Crop Production on Bangka Island, Indonesia. *Agronomy*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/agronomy13010050>
- Mawenda, J., Watanabe, T., & Avtar, R. (2020). An analysis of urban land use/land cover changes in Blantyre City, Southern Malawi (1994-2018). *Sustainability (Switzerland)*, 12(6), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su12062377>
- Meyzilia, A., & Darsiharjo. (2017). Pemanfaatan Kolong Bekas Galian Tambang Timah untuk Budidaya Eceng Gondok di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 17(2), 153–158.
- MUNIR, M., & SETYOWATI, R. D. N. (2017). Kajian Reklamasi Lahan Pasca Tambang Di Jambi, Bangka, Dan Kalimantan Selatan. *KLOROFIL: Jurnal Ilmu Biologi Dan Terapan*, 1(1), 11. <https://doi.org/10.30821/kfl:jibt.v1i1.1233>
- Nugraha, A., & Purwanto, S. A. (2020). Neo-Esktraktivisme Tambang Timah di Pulau Bangka. *Indonesian Journal of Religion and Society*, 2(1), 12–22. <https://doi.org/10.36256/ijrs.v2i1.95>
- Pambudi, P. A., Utomo, S. W., Soelarno, S. W., & Takarina, N. D. (2023). Coal mining reclamation as an environmental recovery effort: a review. In *Journal of Degraded and Mining Lands Management* (Vol. 10, Issue 4, pp. 4811–4821). Brawijaya University. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2023.104.4811>
- Purnaweni, H., Prabawani, B., & Roziqin, A. (n.d.). *Bangka Belitung Islands: Great Potencies of Massive Environmental Impacts*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201>
- Putri, A. R., Elektro, F. T., Telkom, U., Purnamasari, R., Elektro, F. T., Telkom, U., Elektro, F. T., Telkom, U., Cover, K. K.-L., Forest, R., Forest, R., Forest, R., & Belakang, L. (2022). *Perbandingan Metode Klasifikasi Pemetaan Tutupan Lahan Menggunakan Algoritma Machine Learning Pada Citra Satelit Dengan Google Earth Engine Mapping Land Cover Classification Using Machine Learning Comparison of Satellite Images with Google Earth Engine*. 8(6), 3753–3762.
- Singh, P. D., Klamerus-Iwan, A., & Pietrzykowski, M. (2023). Water Retention Potential in Novel Terrestrial Ecosystems Restored on Post-Mine Sites: A Review. In *Forests* (Vol. 14, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/f14010018>
- Sukarman, Gani, R. A., & Asmarhansyah. (2020). Tin mining process and its effects on soils in Bangka Belitung Islands Province, Indonesia. *Sains Tanah*, 17(2), 180–189. <https://doi.org/10.20961/STJSSA.V17I2.37606>
- Syamsulrizal, A. (2021). Analisis Penutupan Lahan menggunakan Google Earth Engine (GEE) dengan Metode Klasifikasi Terbimbing (Studi kasus: Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan, Provinsi Jawa Timur). *Prosiding Forum*, 1, 1–102. <http://eprints.itn.ac.id/1418/>
- Yuarsah, I., Handayani, E. P., Rakhmiati, ., & Yatmin, . (2017). Restoration of Soil Physical and Chemical Properties of Abandoned Tin- Mining in Bangka Belitung Islands. *Journal of Tropical Soils*, 22(1), 21–28. <https://doi.org/10.5400/jts.2017.v22i1.21-28>
- Yuh, Y. G., Tracz, W., Matthews, H. D., & Turner, S. E. (2023). Application of machine learning approaches for land cover monitoring in northern Cameroon. *Ecological Informatics*, 74(December 2022), 101955. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101955>