

Pemetaan Deforestasi dan Perubahan Tutupan Lahan di Wilayah Pertambangan Nikel Kecamatan Pomalaa Memanfaatkan Teknologi Penginderaan Jauh

Andi Baso Sofyan A. P.^a, Feri Fadlin^b, Dawamul Arifin^b, Radik Khairil Insanu^b, & Ahmad Aris Mundir Sutaji^a

^a Program Studi Teknologi Geomatika, Jurusan Rekayasa dan Komputer, Politani Samarinda, Kota Samarinda

^b Program Studi Teknologi Rekayasa Geomatika dan Survei, Politani Samarinda, Kota Samarinda

ABSTRACT

Pomalaa District, Kolaka Regency, Southeast Sulawesi Province, is one of the regions in Indonesia which has quite large mining potential, especially for nickel commodities. The stages of nickel mining activities consist of land clearing activities which can cause deforestation or reduction of forest area. The aim of this research is to map deforestation and land cover changes that occur in the nickel mining area of Pomalaa District. It is expected that the results of this research can be used as consideration in formulating policies for efforts to rehabilitate land damaged by mining activities in Pomalaa District, Kolaka Regency, Southeast Sulawesi Province. The method used in this research is multi-time remote sensing image data analysis. The data used are Landsat 8 images in 2014, 2018 and 2023 to analyze changes in forest areas and changes in land cover at the research location during that time period. The results of the research show that there has been a decrease in the area of forest and vegetated areas, that is in 2014 the area reached 17,207.9 hectares to 16,178.4 hectares in 2018 and 16,110.1 hectares in 2023. Meanwhile, the mine excavation area has increased from 1,792.3 hectares in 2014 to 2,005.4 hectares in 2023. Likewise, the area of built-up land and open land has increased from 3,509.3 hectares in 2014 to 4,370.7 hectares in 2023.

How to cite: Sofyan A.P., A.B., Fadlin, F., Arifin, D., Insanu, R. K., & Sutaji, A. A. M. (2024). Pemetaan Deforestasi dan Perubahan Tutupan Lahan di Wilayah Pertambangan Nikel Kecamatan Pomalaa Memanfaatkan Teknologi Penginderaan Jauh. *Journal of Geomatics Engineering, Technology, and Science (JGETS)*, Volume 2(2), page 50-55. <https://doi.org/10.51967/v2i2.35>

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), pertambangan memiliki definisi menggali atau mengambil barang tambang dari dalam tanah atau bumi. Di Indonesia, sumber daya pertambangan sangat melimpah. Selama ini, sektor pertambangan memberikan kontribusi yang begitu signifikan terhadap penerimaan negara. Pada tahun 2020 kontribusi sektor pertambangan terhadap Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) mencapai 70% (Kementerian ESDM RI, 2021). Aktivitas pertambangan memberi banyak keuntungan. Keuntungan tersebut di antaranya membuka daerah terisolir, menjadi sumber pendapatan asli daerah,

membuka lapangan pekerjaan, hingga merupakan sumber devisa negara (Liping *et al.*, 2018).

Hasil sumber daya mineral dari pertambangan sangatlah penting dan diperlukan untuk kelancaran pembangunan perekonomian negara (Kuzevic *et al.*, 2022). Jika tahapan aktivitas pertambangan terkoordinasi dengan baik, maka akan memberikan dampak yang positif. Namun, jika aktivitas pertambangan tidak diatur dan dilakukan pengawasan, maka dapat menimbulkan berbagai masalah lingkungan. Aktivitas pertambangan dapat menyebabkan deforestasi. Apabila lokasi pertambangan semakin meluas, maka semakin meningkat pula kegiatan pembersihan lahan yang kemudian mengakibatkan berkurangnya vegetasi atau kawasan hutan (Putra & Djurdjani, 2020).

ARTICLE HISTORY

Received: May 13rd, 2024

Accepted: May 21st, 2024

Published: May 22nd, 2024

KEYWORDS

Deforestation, land cover, mining, nickel commodities, remote sensing

CORRESPONDING AUTHOR

Andi Baso Sofyan A. P.

Email:

andibasosofyan@politaniamarinda.ac.id

CONTACT Andi Baso Sofyan A. P. ✉ andibasosofyan@politaniamarinda.ac.id

© 2024 The Author(s). Published by Tanesa Press, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits, unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki potensi pertambangan yang cukup besar yakni Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka. Khususnya pada komoditas nikel. Terdapat berbagai perusahaan tambang nikel yang telah beroperasi di wilayah ini. Salah satunya Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Perseroan Terbatas (PT) Antam Tbk. yang beroperasi sejak tahun 1968. Perseroan ini merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang melakukan penambangan nikel, emas, perak, dan bauksit (Nikoyan dkk., 2019). Di mana, hasil produksinya telah diekspor ke berbagai negara seperti Jepang, Cina, dan berbagai negara di Eropa.

Tahapan aktivitas pertambangan nikel yang terdiri dari kegiatan pembukaan lahan hutan (*land clearing*), yakni proses penebangan dan pembersihan vegetasi hutan disertai pengerukan lapisan tanah dapat menyebabkan terjadinya deforestasi atau pengurangan kawasan hutan dan terjadi perubahan tutupan lahan. Deforestasi merupakan kondisi penurunan kawasan hutan yang disebabkan oleh kegiatan konversi lahan untuk pembangunan infrastruktur, permukiman, pertanian, dan aktivitas pertambangan (Wahyuni & Suranto, 2021). Berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan RI No. 30 Tahun 2009, deforestasi didefinisikan sebagai perubahan permanen dari areal berhutan menjadi tidak berhutan yang disebabkan karena aktivitas manusia.

Tren deforestasi di Indonesia juga mengalami fluktuasi sejak periode tahun 1990-1996, di mana luas area dideforestasi sebesar 1,87 juta hektar. Kemudian meningkat tajam menjadi 3,51 juta hektar pada periode tahun 1996-2000. Selanjutnya pada periode tahun 2000-2003 turun secara signifikan menjadi 1,08 juta hektar. Hingga periode tahun 2018-2019, deforestasi terjadi pada area seluas 0,46 juta hektar (KLHK RI, 2021).

Kasus deforestasi di Indonesia memerlukan perhatian besar mengingat hutan memegang fungsi yang sangat penting dalam kehidupan. Fungsi tersebut di antaranya fungsi ekologi, ekonomi, sosial, dan estetika. Fungsi ekologis hutan yakni sebagai pengatur tata air, udara, dan kesuburan tanah. Fungsi ekonomi sebagai penghasil komoditas kayu yang dapat dijual. Hutan juga memegang peran penting dalam kehidupan sosial masyarakat sekitar. Serta memiliki nilai estetika yang dapat dijadikan sebagai tempat wisata (Hidayat dkk., 2019).

Kondisi kawasan hutan di suatu wilayah memiliki peran yang sangat besar dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Tingginya laju deforestasi dapat

menyebabkan perubahan habitat. Minimnya vegetasi juga dapat menyebabkan tidak adanya penutup lahan dan hilangnya seresah hutan yang berfungsi sebagai pengontrol aliran permukaan (*surface runoff*) dan laju infiltrasi air ke dalam tanah (Yanti dkk., 2020). Hal ini lebih lanjut dapat berdampak pada berbagai permasalahan lingkungan seperti peningkatan erosi tanah, longsor lahan, sedimentasi, dan penurunan kualitas perairan akibat tingginya laju erosi lahan (Erfina & Sjarmidi, 2019). Permasalahan lingkungan tersebut pun dapat berdampak pada menurunnya produktivitas sumber daya alam lain seperti pertanian, perkebunan, dan perikanan.

Selain permasalahan deforestasi, informasi perubahan tutupan lahan akibat kegiatan pertambangan juga sangat diperlukan dalam kegiatan pemantauan lingkungan dan perencanaan pembangunan wilayah. Utamanya data tutupan lahan terbaru (Zulfajri dkk., 2021). Tutupan lahan didefinisikan sebagai elemen biofisik yang menutupi lahan atau area dan dapat diamati menggunakan teknologi penginderaan jauh (Tosiani, 2020).

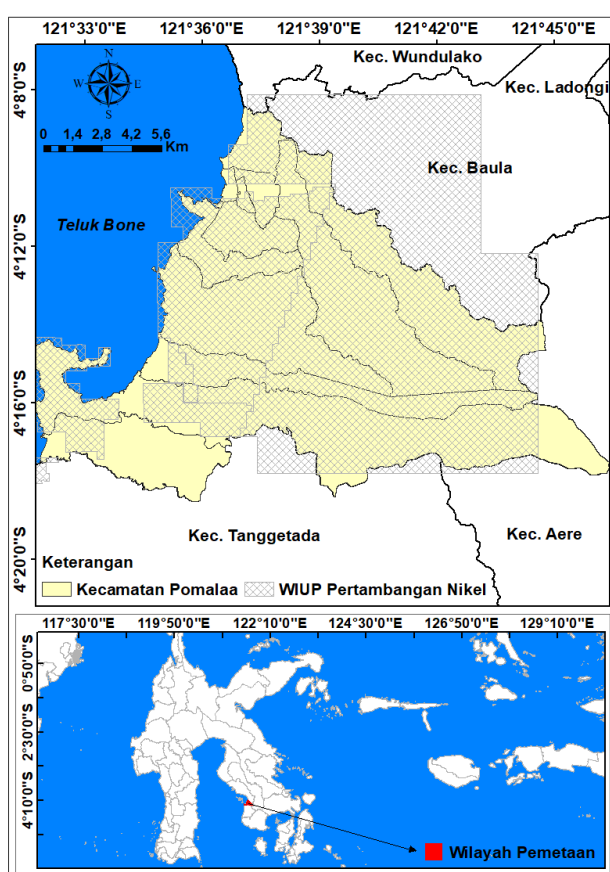
Kondisi tutupan lahan memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap lingkungan. Di mana berkurangnya tutupan lahan hutan dan meningkatnya lahan terbangun serta lahan terbuka menyebabkan penurunan cadangan karbon dan pelepasan emisi gas rumah kaca (Dewa & Sejati, 2019). Tutupan lahan juga mempengaruhi sifat fisik tanah yang berhubungan dengan laju, kapasitas dan volume infiltrasi pada suatu lahan (Kadir dkk., 2022). Tutupan lahan berupa badan air dan vegetasi dapat menurunkan suhu permukaan. Sebaliknya lahan terbangun dan lahan terbuka dapat menyebabkan peningkatan suhu permukaan sehingga rentan mengalami kekertisan lingkungan (Sofyan A. P. dkk., 2023).

Guna melakukan monitoring perubahan lingkungan, maka perlu dilakukan kajian mengenai deforestasi serta perubahan tutupan lahan yang terjadi. Hal ini merupakan bagian dari upaya mencegah dan meminimalisir kerusakan serta penurunan kualitas lingkungan akibat masifnya aktivitas pertambangan di Kecamatan Pomalaa Kabupaten Kolaka. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam penyusunan kebijakan upaya rehabilitasi lahan yang rusak akibat aktivitas pertambangan di lokasi penelitian. Berbagai penjelasan tersebut di atas yang melatarbelakangi pentingnya penelitian ini dilakukan. Digunakan citra penginderaan jauh multitemporal untuk melakukan analisis keruangan serta mengidentifikasi deforestasi dan perubahan tutupan lahan di lokasi penelitian selama rentang waktu tertentu.

2. METODE

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian mengenai pemetaan deforestasi dan perubahan tutupan lahan ini dilaksanakan di wilayah Kecamatan Pomalaa Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara. Di mana, berdasarkan analisis spasial dari data Direktorat Jenderal Mineral dan Batu Bara Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) khusus komoditas nikel di Kecamatan Pomalaa seluas 19.740 hektar atau mencapai 84,7 persen dari total luas wilayah Kecamatan Pomalaa. Peta lokasi penelitian dan WIUP pertambangan nikel di Kecamatan Pomalaa dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini di antaranya seperangkat komputer dengan spesifikasi RAM minimal 8 Gb untuk pengolahan data. Adapun bahan berupa data-data spasial/ keruangan lokasi penelitian. Data tersebut antara lain data vektor batas wilayah penelitian yang diperoleh dari laman Badan Informasi Geospasial (BIG), dan data citra penginderaan jauh yakni citra Landsat-8 tahun 2014, tahun 2018 serta citra Landsat-8 tahun 2023 yang diperoleh dari laman United States Geological Survey (USGS).

2.3. Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini meliputi tiga tahapan utama yakni tahap persiapan, tahap pengumpulan data, serta tahap pengolahan dan analisis data. Tahapan persiapan meliputi studi pustaka, identifikasi masalah, survei lokasi penelitian, penentuan lokasi penelitian, serta perumusan masalah dan tujuan pelaksanaan penelitian.

Selanjutnya, tahapan pengumpulan data dilakukan dengan mengunduh citra Landsat multi waktu tahun 2014, 2018 dan tahun 2023 yang disediakan pada laman *web* USGS EarthExplore data arsip *path* 113 *row* 63. Data tersebut dibutuhkan untuk mengetahui kondisi kawasan hutan dan tutupan lahan lain selama rentang waktu tersebut. Selain itu, dibutuhkan pula data spasial batas wilayah penelitian yang diunduh melalui laman Ina-Geoportal yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG).

Adapun untuk tahap pengolahan data, dilakukan pengolahan citra penginderaan jauh menggunakan aplikasi ArcMap 10.8. Pada tahap awal, dilakukan pemotongan citra sesuai dengan cakupan lokasi penelitian serta dilakukan penajaman citra untuk memudahkan proses interpretasi objek-objek ataupun jenis tutupan lahan pada lokasi penelitian.

Data-data tersebut, lebih lanjut dianalisis menggunakan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) untuk mengetahui jenis tutupan lahan di lokasi penelitian. Metode klasifikasi terbimbing menggunakan pendekatan algoritma komputer dalam mengidentifikasi pola pada data dari data acuan (sampel) yang telah diidentifikasi sebelumnya.

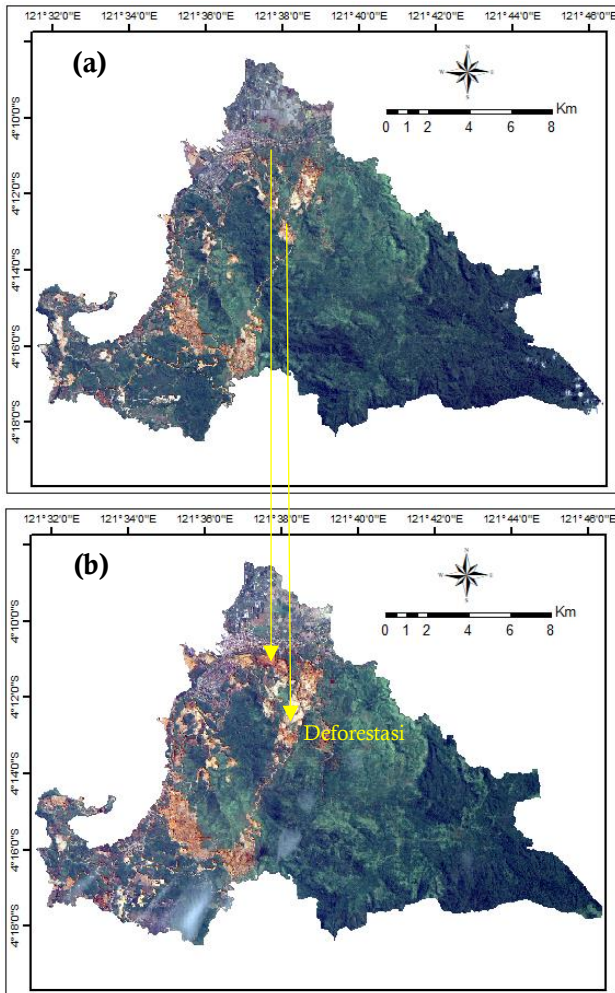
Jenis tutupan lahan pada sampel diperoleh dengan melakukan interpretasi citra penginderaan jauh, yakni mengidentifikasi objek atau tutupan lahan dari citra melalui unsur interpretasi yakni rona dan warna, bentuk, ukuran, tekstur, pola, bayangan, situs, asosiasi, serta konvergensi bukti dari objek ataupun tutupan lahan pada citra yang diinterpretasi. Dalam melakukan klasifikasi, diambil minimal sepuluh sampel dari setiap jenis tutupan lahan. Adapun tutupan lahan diklasifikasikan menjadi lima jenis yakni area galian tambang, hutan/ wilayah bervegetasi, lahan terbangun dan lahan terbuka, sawah, serta tambak dan badan air.

Setelah dilakukan pengolahan data setiap citra Landsat multiwaktu, dilakukan analisis perubahan luas kawasan hutan untuk menganalisis deforestasi yang terjadi di lokasi penelitian. Juga dilakukan analisis perubahan luas tutupan lahan lain di lokasi penelitian pada rentang waktu tahun 2011 hingga tahun 2023. Melalui data hasil analisis penelitian ini, dapat dirumuskan rekomendasi kebijakan pengelolaan

khususnya terkait deforestasi yang terjadi di kawasan pertambangan nikel Kecamatan Pomalaa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data citra penginderaan jauh, yakni citra Landsat 8 tahun 2014, tahun 2018, dan tahun 2023 menghasilkan data perubahan kondisi hutan/ vegetasi dan juga perubahan kondisi tutupan lahan lain di Kecamatan Pomalaa Kabupaten Kolaka. Citra penginderaan jauh lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. (a) Kondisi Tutupan Lahan Lokasi Penelitian Tahun 2014 dan (b) Kondisi Tutupan Lahan Lokasi Penelitian Tahun 2023

Berdasarkan citra penginderaan jauh tersebut dapat dilihat adanya tren deforestasi atau penurunan luas kawasan hutan serta area bervegetasi. Tahun 2014 luas tutupan lahan hutan dan area bervegetasi mencapai 17.207,9 hektar. Pada tahun 2018 luas tersebut mengalami penurunan menjadi 16.178,4 hektar. Kemudian pada tahun 2023, luas tutupan lahan hutan dan area bervegetasi tersisa 16.110,1 hektar. Penurunan lahan hutan dan area bervegetasi sebesar 1.097,8 hektar tersebut disebabkan oleh alih fungsi

kawasan hutan menjadi lahan terbangun serta lahan terbuka yang dilakukan oleh masyarakat serta masifnya kegiatan pertambangan nikel di Kecamatan Pomalaa.

Sementara itu, untuk kondisi pada tutupan lahan lain mengalami perbuahan yang bervariasi. Tutupan lahan pada lokasi penelitian diklasifikasikan menjadi area galian tambang, hutan/ wilayah bervegetasi, lahan terbangun dan lahan terbuka, sawah, serta tambak dan badan air. Hasil analisis data menunjukkan, tutupan lahan berupa area galian tambang pada tahun 2014 memiliki luas mencapai 1.792,3 hektar. Lalu mengalami peningkatan signifikan pada tahun 2018 menjadi 2.102,9 hektar dan mengalami penurunan pada tahun 2023 hingga mencapai luas 2.005,4 hektar.

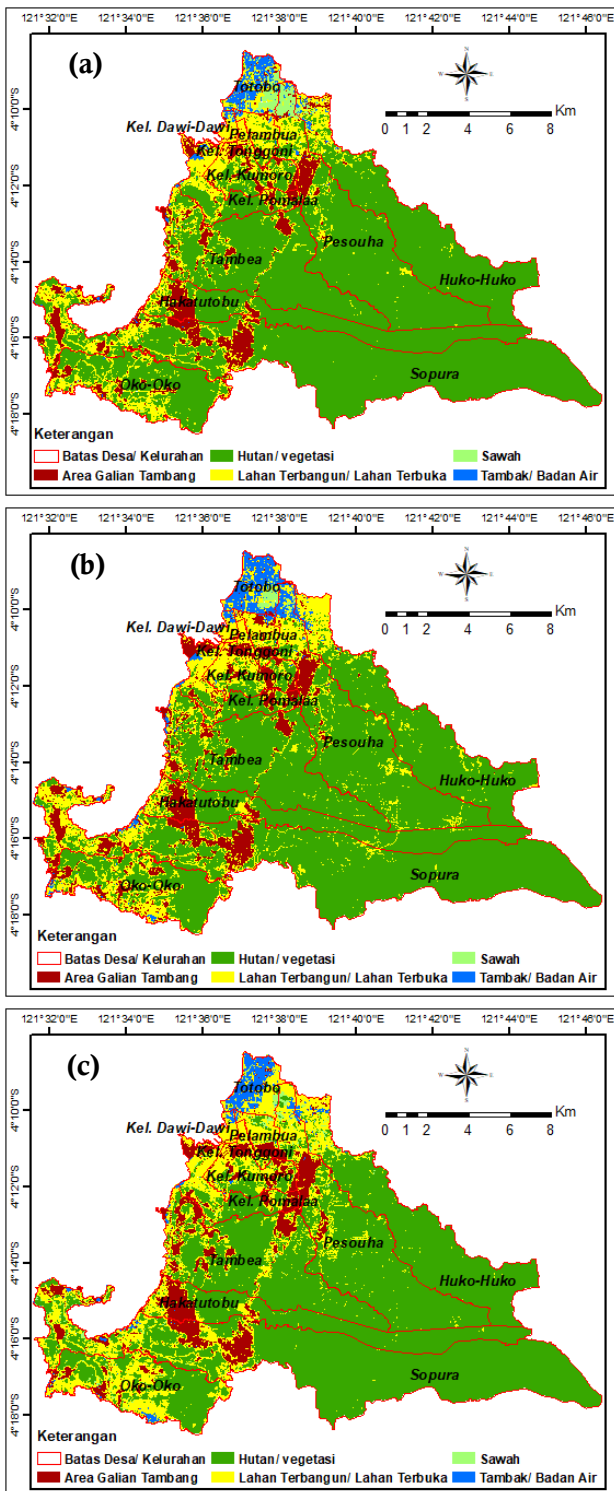
Khusus jenis tutupan lahan area terbangun dan lahan terbuka terus mengalami peningkatan yang juga cukup signifikan pada rentang tahun 2014 hingga tahun 2023. Pada tahun 2014, luas lahan terbangun dan lahan terbuka sebesar 3.509,3 hektar. Pada tahun 2018 menjadi 4.159,1 hektar. Hingga pada tahun 2023, luas jenis tutupan lahan ini mencapai 4.370,7 hektar. Peningkatan luas lahan terbangun dan lahan terbuka ini tidak lepas dari pengaruh aktivitas pembangunan yang dilakukan masyarakat. Selain itu, aktivitas pembangunan sarana-prasarana untuk kegiatan pertambangan seperti pabrik pengolahan nikel dan jalan untuk proses *hauling* komoditas nikel turut berpengaruh besar terhadap peningkatan luas lahan terbangun dan lahan terbuka.

Sementara untuk jenis tutupan lahan lain seperti sawah dan tambak serta badan air mengalami perubahan yang cukup bervariasi pada rentang tahun 2014 hingga tahun 2023. Perubahan luasan tutupan lahan dan sebaran spasial tutupan lahan wilayah penelitian, masing-masing tersaji pada Tabel 1 dan Gambar 3 berikut.

Tabel 1. Luas Tutupan Lahan Kecamatan Pomalaa Tahun 2014, 2018, dan Tahun 2023

| Jenis Tutupan Lahan | Luas (Hektar) | | |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Tahun 2014 | Tahun 2018 | Tahun 2023 |
| Area Galian Tambang | 1.792,3 | 2.102,9 | 2.005,4 |
| Hutan/ Wilayah Bervegetasi | 17.207,9 | 16.178,4 | 16.110,1 |
| Lahan Terbangun dan Lahan Terbuka | 3.509,3 | 4.159,1 | 4.370,7 |
| Sawah | 310,4 | 89,2 | 256,2 |
| Tambak dan Badan Air | 391,8 | 682,1 | 469,3 |
| Total Luas | 23.211,7 | 23.211,7 | 23.211,7 |

Sumber: Hasil Analisis Data



Gambar 3. (a) Peta Sebaran Jenis Tutupan Lahan Lokasi Penelitian Tahun 2014 (b) Peta Sebaran Jenis Tutupan Lahan Lokasi Penelitian Tahun 2018 dan (c) Peta Sebaran Jenis Tutupan Lahan Lokasi Penelitian Tahun 2023

Peta sebaran jenis tutupan lahan di Kecamatan Pomalaa Kabupaten Kolaka di atas menunjukkan, wilayah dengan perubahan tutupan lahan yang cukup dinamis adalah wilayah Kecamatan Pomalaa bagian barat. Wilayah ini cenderung mengalami peningkatan

luas untuk jenis tutupan lahan terbangun dan lahan terbuka. Sementara itu, wilayah dengan jenis tutupan lahan berupa area galian tambang juga tersebar di Kecamatan Pomalaa bagian barat utamanya di wilayah Desa Hakatutubu bagian barat, Desa Sopura bagian barat, Desa Pesouha bagian utara, Desa Pelambua bagian selatan, Desa Tambea, Desa Oko-oko, Kelurahan Pomalaa, Kelurahan Kumoro, dan wilayah Kelurahan Tonggoni.

Hasil penelitian yang menunjukkan adanya deforestasi atau penurunan luas kawasan hutan dan wilayah bervegetasi di Kecamatan Pomalaa Kabupaten Kolaka ini juga sejalan dengan penelitian Br. Barus dkk., (2023) yang melakukan penelitian terkait perubahan kerapatan vegetasi dan pengaruhnya terhadap konsentrasi TSS di Kecamatan Pomalaa Kabupaten Kolaka. Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan luas wilayah dengan tingkat kerapatan vegetasi sangat rendah dan penurunan luas wilayah dengan tingkat kerapatan vegetasi tinggi pada rentang tahun 2014 sampai 2023.

Lebih lanjut hasil penelitian ini menjelaskan bahwa peningkatan luas wilayah dengan tingkat kerapatan vegetasi yang sangat rendah akan meningkatkan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) atau material dan partikel tersuspensi di wilayah perairan. Sebaliknya, peningkatan luas wilayah dengan tingkat kerapatan vegetasi tinggi akan menurunkan konsentrasi TSS di wilayah perairan Kecamatan Pomalaa. Selain itu, dampak deforestasi juga dapat meningkatkan potensi terjadinya bencana alam hidrometeorologi, kerusakan habitat berbagai jenis flora dan fauna, dan kerusakan sumber daya air (Putra, dkk. 2019).

Masifnya kegiatan pertambangan yang mengakibatkan terjadinya deforestasi perlu diimbangi dengan upaya rehabilitasi lahan serta reboisasi sesuai ketentuan pengelolaan wilayah pertambangan. Hal ini untuk meminimalisir kerusakan lingkungan dan kerusakan sumber daya lain pada lokasi penelitian.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis data penelitian, menunjukkan, terjadinya deforestasi atau penurunan luas wilayah hutan dan wilayah bervegetasi di lokasi penelitian. Di mana pada tahun 2014, luas wilayah hutan dan wilayah bervegetasi mencapai 17.207,9 hektar. Lalu mengalami penurunan luas menjadi 16.178,4 hektar di tahun 2018, serta menjadi 16.110,1 hektar di tahun 2023. Hal ini seiring dengan peningkatan luas wilayah untuk area galian tambang serta lahan terbangun dan lahan terbuka. Masifnya kegiatan pembukaan lahan (*land clearing*) untuk kegiatan pembangunan dan

pertambangan perlu diimbangi dengan upaya rehabilitasi dan reboisasi lahan sesuai dengan ketentuan pengelolaan wilayah pertambangan dan pembangunan berkelanjutan di lokasi penelitian yang memiliki potensi pertambangan nikel yang sangat besar.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih untuk institusi Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, utamanya Program Studi D3 Teknologi Geomatika serta Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Geomatika dan Survey. Berkat berbagai fasilitas yang diberikan penelitian dan penulisan artikel ilmiah ini dapat terlaksana.

6. REFERENSI

- Br. Barus, M. D., Sofyan A.P., A. B., Yuniar, A., Kharisma, G. N., & Maulana, A. Z. (2023). The Effect of Vegetation Density on The Total Suspended Solid (TSS) Concentration in The Aquatic Area of Pomaalaa District. *Jurnal Geografika Vol. 4 No. 2*, 110-120.
- Dewa, D. D., & Sejati, A. W. (2019). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Emisi GRK pada Wilayah Cepat Tumbuh di Kota Semarang. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia Vol. 1 No. 1*, 24-31.
- Erfina, & Sjarmidi. (2019). Evaluasi Fungsi Ekosistem di Pertambangan Nikel Kecamatan Pomalaa Sulawesi Tenggara. *Jurnal Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan Lingkungan Vol. 5 No 1.*, 19-26.
- Hidayat, H., Siburian, R., Sudiyono, & Nurhidayah, L. (2019). *Deforestasi dan Ketahanan Sosial*. Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Kadir, S., Ichsan, R., Nurlina, Falsol, H., Badaruddin, Yarnie, N. S., & Pratiwi, Y. E. (2022). Infiltrasi pada Berbagai Tutupan Lahan DAS Tabuino dan Maluka Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Hutan Tropis Volume 10 No. 3*, 329-340.
- Kementerian ESDM RI. (2021). *Grand Strategy Mineral dan Batubara Arah Pengembangan Hulu Hilir Mineral Utama dan Batu Bara Menuju Indonesia Maju*. Jakarta: Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. (2021). *Status Hutan dan Kehutanan Indonesia 2020*. Jakarta: KLHK RI.
- Keputusan Menteri Kehutanan RI No. 30 Tahun 2009 tentang Tata Cara Pengurangan Emisi dari Deforestasi dan Degradasi Hutan.
- Kuzevic, S., Diana, B., & Kuzevicova, Z. (2022). Land Cover and Vegetation Coverage Changes in the Mining Area—A Case Study from Slovakia. *Sustainability Vol. 14 No. 3*, 1-14.
- Liping, C., Yujun, S., & Saeed, S. (2018). Monitoring and Predicting Land Use and Land Cover Changes Using Remote Sensing and GIS Techniques—A Case Study of a Hilly Area, Jiangle, China. *PLoS ONE Vol. 7 No. 13*, 1-23.
- Nikoyan, A., Alwi, L. O., & Yasnoni, Y. (2019). Analisis Kinerja Pemberdayaan Masyarakat dalam Implementasi Corporate Social Responsibility: Studi Kasus PT. Antam TBK di Desa Hakatubobu, Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian Vol. 15, No. 2*, 172-184.
- Putra, A. H., Oktari, F., & Putriana, A. M. (2019). Deforestasi dan Pengaruhnya Terhadap Tingkat Bahaya Kebakaran Hutan di Kabupaten Agam Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana Vol. 10 No. 2*, 191-200.
- Putra, B. W., & Djurdjani. (2020). Analisis Pengaruh Perubahan Kerapatan Vegetasi Terhadap Suhu Permukaan Karena Kegiatan Pertambangan Menggunakan Citra Satelit Multiwaktu. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 7-19.
- Sofyan A.P., A. B., Fadlin, F., Insanu, R. K., Suriani, L., Maulana S, F. A. (2023). Analisis Tingkat Kerawanan Kekertisan Lingkungan Menggunakan Metode Environmental Criticality Index (ECI) di Kota Banjarbaru. *Jurnal Reka Lingkungan Vol. 11 No. 3*, 270-283.
- Tosiani, A. (2020). *Akurasi Data Penutupan Lahan Nasional Tahun 1990-2016*. Jakarta: Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan.
- Wahyuni, H., & Suranto. (2021). Dampak Deforestasi Hutan Skala Besar terhadap Pemanasan Global di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan Vol. 6 No. 1*, 148-162.
- Yanti, D., Megantara, I., Akbar, M., Meiwanda, S., Izzul, S., Sugandi, D., & Ridwana, R. (2020). Analisis Kerapatan Vegetasi di Kecamatan Pangandaran Melalui Citra Landsat 8. *Jurnal Geografi, Edukasi dan Lingkungan Vol. 4, No. 1.*, 32-38.
- Zulfajri, Danoedoro, P., & Murti, S. H. (2021). Klasifikasi Tutupan Lahan Data Landsat-8 OLI Menggunakan Metode Random Forest. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia Vol. 03 No. 1*, 1-7.