

## Identifikasi Deforestasi di Provinsi Kalimantan Timur Tahun 1990 dan 2020 Menggunakan Sistem Informasi Geografis

Andriani Nadia Rahmawati<sup>a</sup>, Feri Fadlin<sup>b</sup>, Suparjo<sup>c</sup>, & Nia Kurniadin<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Program Diploma 3 Teknologi Geomatika, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Kota Samarinda

<sup>b</sup> Program Studi Teknologi Rekayasa Geomatika dan Survei, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Kota Samarinda

<sup>c</sup> Program Studi Teknologi Geomatika, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Kota Samarinda

---

### ABSTRACT

This research is motivated by the abundance of resources available in Indonesia's forests. However, it is undeniable that the forest resources in Indonesia have a promising economic function, particularly in the form of timber or tree trunks that hold economic value, leading to timber exploitation that can result in deforestation. One example of this is the deforestation occurring in East Kalimantan Province, where both production forest areas and protected forest areas are experiencing gradual deforestation each year. This study aims to understand land use and identify deforestation in East Kalimantan Province in the years 1990 and 2020. The method used in this research is Geographic Information System (GIS) to process and analyze data, thereby obtaining information on land use types, area, and deforestation in East Kalimantan Province for the years 1990 and 2020. The results of this research include maps and data on deforestation in East Kalimantan Province for the years 1990 and 2020. Land use in East Kalimantan Province is classified into 21 land use classes, namely primary dryland forest, secondary dryland forest, primary mangrove forest, secondary mangrove forest, primary swamp forest, secondary swamp forest, plantation forest, plantations, shrubland, swamp shrubland, mixed dryland agriculture with shrubs, dryland agriculture, transmigration areas, settlements, open land, rice fields, ponds, water bodies, swamps, airports, and mining. There are four dominant land use change types related to deforestation: first, four types of forest land have changed to swamp shrubland; second, two types of forest land have changed to mixed dryland agriculture with shrubs; third, two types of forest land have changed to ponds; and fourth, two types of forest land have changed to mining.

### ARTICLE HISTORY

Received: August 8<sup>th</sup>, 2024

Accepted: August 19<sup>th</sup>, 2024

Published: September 30<sup>th</sup>, 2024

### KEYWORDS

Land Use, Forests, Deforestation, Geographic Information Systems.

### CORRESPONDING AUTHOR

Feri Fadlin

Email: [ferifadlin@politisanamarinda.ac.id](mailto:ferifadlin@politisanamarinda.ac.id)

**How to cite:** Rahmawati, A. N., Fadlin, F., Suparjo, & Kurniadin, N. (2024). Identifikasi Deforestasi di Provinsi Kalimantan Timur Tahun 1990 dan 2020 Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Journal of Geomatics Engineering, Technology, and Science*, 3(1), 1-6. <https://doi.org/10.51967/gets.v3i1.41>

---

## 1. PENDAHULUAN

Hutan Indonesia merupakan salah satu pusat keanekaragaman hayati di dunia, di mana Indonesia merupakan urutan ketiga dari tujuh negara yang disebut *megadiversity country* (Bawono dan Mashdurohatun,

2011). Oleh karenanya, hutan seharusnya dikelola secara berkelanjutan agar dapat memberi manfaat sebesar - besarnya bagi rakyat Indonesia. Namun di lapangan menunjukkan fakta yang berbeda. Pemanfaatan hutan tanpa memperhatikan kaidah konservasi seperti penebangan kayu secara masif dapat

---

CONTACT Feri Fadlin ✉ [ferifadlin@politisanamarinda.ac.id](mailto:ferifadlin@politisanamarinda.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.

menyebabkan terjadinya deforestasi. Deforestasi merupakan proses penghilangan hutan alam dengan cara penebangan untuk diambil kayunya atau mengubah peruntukan lahan hutan menjadi non hutan.

Kalimantan Timur sebagai salah satu provinsi dengan luas hutan terbesar di Indonesia menghadapi ancaman serius berupa deforestasi yang terus meningkat setiap tahunnya. Deforestasi merupakan salah satu tantangan lingkungan yang mendesak di era modern ini.

Kondisi tutupan lahan memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap lingkungan. Minimnya tutupan lahan hutan dan meningkatnya lahan terbangun serta lahan terbuka berpengaruh terhadap penurunan cadangan karbon dan pelepasan emisi gas rumah kaca (Dewa & Sejati, 2019). Kawasan hutan di suatu wilayah memiliki peran yang sangat besar dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Tingginya laju deforestasi dapat menyebabkan perubahan habitat (Sofyan A. P. dkk., 2024). Salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya deforestasi adalah faktor sosial ekonomi masyarakat yang berkaitan dengan kebutuhan hidup, utamanya masyarakat sekitar hutan (Handoko & Darmawan, 2015). Deforestasi juga disebabkan oleh kebakaran hutan baik yang disengaja atau terjadi secara alami (Shafitri dkk., 2018).

Fenomena deforestasi terjadi ketika hutan yang ada di suatu wilayah dibabat habis atau dikonversi menjadi penggunaan lahan non-hutan, seperti pertanian, perkebunan, atau pemukiman manusia. Kebijakan pembangunan yang tidak berkelanjutan, pertumbuhan populasi yang cepat, dan tekanan ekonomi untuk memenuhi kebutuhan akan sumber daya alam menjadi faktor utama yang mendorong deforestasi.

Deforestasi dapat mengakibatkan pergeseran iklim yang berdampak pada penurunan kualitas lingkungan. Hal ini menjadi ancaman serius bagi sumber penghidupan masyarakat setempat, fungsi daerah aliran sungai, keberadaan keanekaragaman hayati dan mengancam ketersediaan sumber daya alam di masa yang akan datang (Tambunan dkk., 2020).

Dampak dari deforestasi sangat luas dan serius, termasuk hilangnya habitat bagi flora dan fauna, kerusakan ekosistem, peningkatan emisi gas rumah kaca, perubahan iklim, serta konflik sosial antara pihak-pihak yang berkepentingan terhadap pemanfaatan lahan. Di berbagai negara, deforestasi menjadi penyebab utama kerugian keanekaragaman hayati dan kehilangan ekosistem yang krusial bagi keseimbangan bumi ini. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang penyebab, pola, dan dampak deforestasi menjadi krusial untuk merumuskan strategi mitigasi yang efektif dalam perlindungan hutan dan

keberlanjutan lingkungan secara global. Saat ini, negara-negara yang masih memiliki wilayah hutan yang luas seperti Brazil, Indonesia, Vietnam, Filipina, dan Cina telah mulai menjalankan program-program dengan maksud mengembalikan kondisi jutaan hektar hutan (Nawir dkk., 2008).

Deforestasi dan perubahan tutupan lahan dapat memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Teknik ini dianggap penting dan efektif dalam pemantauan tutupan lahan karena kemampuannya dalam menyediakan informasi keragaman spasial di permukaan bumi dengan cepat, luas, tepat, serta mudah (Sampurno & Thoriq, 2016).

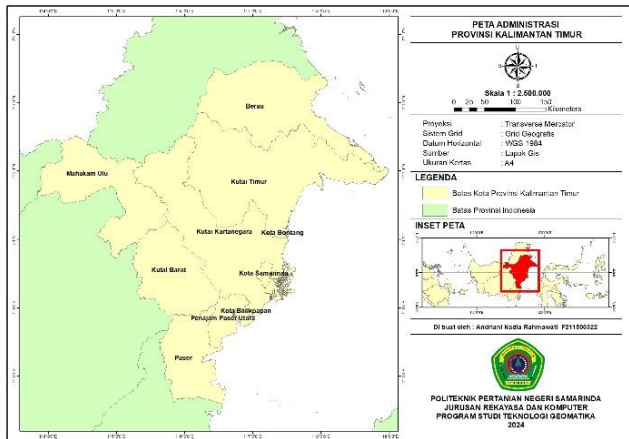
Perubahan penggunaan lahan dan deforestasi umumnya juga dapat diamati dengan menggunakan data-data spasial dari peta penggunaan lahan dari tahun yang berbeda (Putri, 2017). Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam penelitian deforestasi memiliki signifikansi yang besar dalam pemahaman dan penanganan masalah ini secara efektif. SIG memungkinkan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan dengan tingkat resolusi yang tinggi dan dapat mengidentifikasi area-area yang rentan terhadap deforestasi secara akurat, memetakan dan memonitor perubahan luas hutan, serta mengidentifikasi pola dan tren deforestasi yang terjadi di berbagai wilayah, yang pada gilirannya dapat membantu dalam merumuskan strategi mitigasi dan konservasi yang tepat.

Pemanfaatan SIG dalam penelitian deforestasi tidak hanya memberikan pemahaman yang lebih mendalam, tetapi juga memberikan landasan yang kuat untuk pengambilan keputusan yang berkelanjutan dalam mengelola dan melindungi sumber daya hutan secara efektif. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji deforestasi atau perubahan tutupan lahan hutan menjadi non hutan melalui pemanfaatan teknologi SIG di Provinsi Kalimantan Timur pada periode tahun 1990 dan tahun 2020.

## **2. METODE**

### **2.1. Lokasi Penelitian**

Penelitian mengenai identifikasi deforestasi pada Provinsi Kalimantan Timur yang secara geografis terletak berada di antara 113° 44' Bujur Timur dan 119° 00' Bujur Timur serta di antara 2° 33' Lintang Utara dan 2° 25' Lintang Selatan. Wilayah Kalimantan Timur dibagi menjadi 10 kota dan kabupaten yaitu Kota Samarinda, Kota Balikpapan, Kota Bontang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kabupaten Kutai Timur, Kabupaten Berau, Kabupaten Paser, Kabupaten Panajam Paser Utara, Kabupaten Kutai Barat, dan Kabupaten Mahakam Ulu. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

## 2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini di antaranya perangkat keras (*Hardware*) berupa laptop IdeaPad Gaming 3 15ACH6 , perangkat lunak (*software*) berupa *Microsoft Excel* dan *Arcmap 10.3*. Adapun bahan berupa data-data spasial/ keruangan lokasi penelitian. Data tersebut antara lain data vektor batas wilayah penelitian yaitu data batas administrasi kabupaten/ kota di Provinsi Kalimantan Timur, dan data tutupan lahan tahun 1990 dan tahun 2020 di Provinsi Kalimantan Timur yang diperoleh dari *website* Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK).

## 2.3. Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini meliputi tiga tahapan utama yakni tahap persiapan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data, dan analisis data. Tahapan persiapan meliputi pengumpulan teori dari jurnal penelitian terdahulu untuk mendapatkan informasi lebih lanjut mengenai penelitian yang dilakukan dan merumuskan permasalahan yang dikaji dalam penelitian hingga selesai.

Selanjutnya, tahapan pengumpulan data dilakukan dengan mengunduh data sekunder yaitu data tutupan lahan tahun 1990 dan 2020 yang disediakan pada *website* resmi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Data tersebut dibutuhkan untuk mengetahui kondisi kawasan hutan dan tutupan lahan lain selama rentang waktu tersebut. Selain itu, dibutuhkan pula data batas administrasi Provinsi Kalimantan Timur yang diunduh pada *website* Lapak GIS.

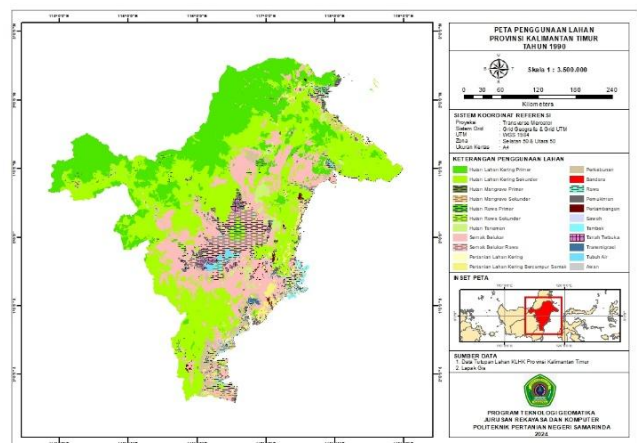
Adapun tahapan pengolahan data, dilakukan pengolahan data menggunakan aplikasi *Arcmap 10.3*. Pada tahap awal, dilakukan pemotongan data vektor tutupan lahan sesuai dengan cakupan lokasi penelitian serta dilakukan proses tumpang susun (*overlay*) dua periode data tutupan lahan tahun 1990 dan 2020.

Data tersebut selanjutnya dianalisis perubahan tutupan lahannya menggunakan rumus yang digunakan untuk menentukan kelas perubahan penutupan lahan menggunakan ID dari setiap kelas penutupan lahannya yang mengacu pada tabel klasifikasi penutupan lahan berdasarkan klasifikasi Badan Standarisasi Nasional (2014) dan dikelompokkan menjadi perubahan dari kelas penutupan lahan hutan alam (primer dan sekunder) menjadi kelas penutupan lahan non hutan.

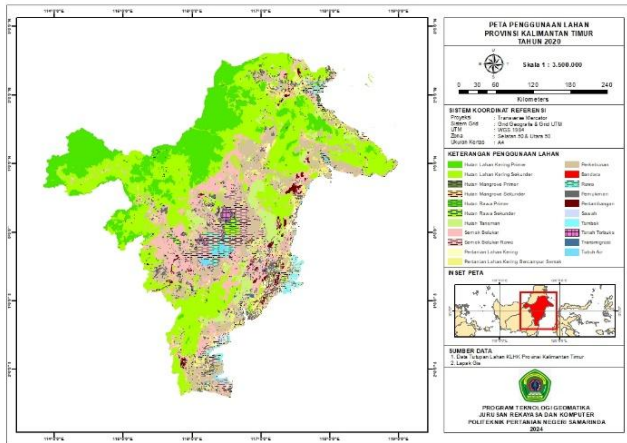
Setelah dilakukan analisis perubahan tutupan lahan, dilakukan analisis perubahan luas kawasan hutan untuk menganalisis deforestasi yang terjadi di Provinsi Kalimantan Timur. Juga dilakukan analisis perubahan luas tutupan lahan lain pada rentang waktu tahun 1990 hingga tahun 2020. Melalui data hasil analisis penelitian ini, dapat dihasilkan wilayah yang terjadi deforestasi di Provinsi Kalimantan Timur.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data yang diperoleh dari data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) didapatkan penggunaan lahan di wilayah Provinsi Kalimantan Timur pada tahun 1990 dan 2020. Terdapat 21 kelas penggunaan lahan di Provinsi Kalimantan Timur yang terdiri dari hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, hutan magrove primer, hutan magrove sekunder, hutan rawa primer, hutan rawa sekunder, hutan tanaman, perkebunan, semak belukar, semak belukar rawa, pertanian lahan kering bercampur semak, pertanian lahan kering, transmigrasi, pemukiman, tanah terbuka, sawah, tambak, tubuh air, rawa, bandara, dan pertambangan. Secara detail kelas penggunaan lahan di Provinsi Kalimantan Timur dapat dilihat pada peta Gambar 2 dan Gambar 3 berikut.



Gambar 2. Peta Penggunaan Lahan Tahun 1990 di Provinsi Kalimantan Timur



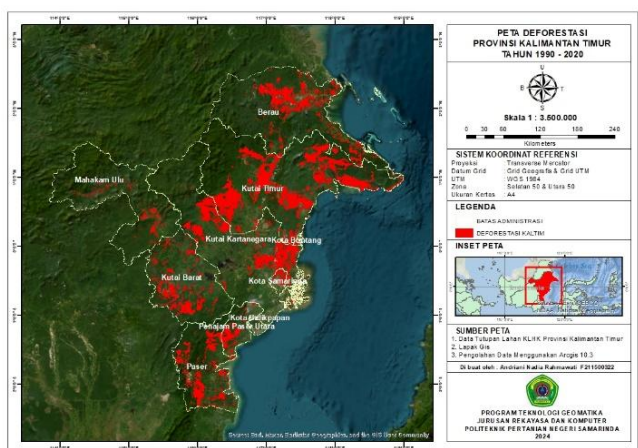
Tahun 1990 kondisi penggunaan lahan di Provinsi Kalimantan Timur umumnya didominasi oleh lanskap hutan yang luas, yang sebagian besar terdiri dari hutan primer dan sekunder. Hutan-hutan ini memberikan perlindungan bagi keanekaragaman hayati serta menjadi sumber daya alam penting bagi masyarakat lokal. Lahan digunakan secara terbatas untuk pemukiman penduduk asli serta kegiatan pertanian skala kecil. Sementara sebagian besar wilayah tetap alami dan belum tersentuh oleh pembangunan. Hutan-hutan ini juga menyediakan sumber daya alam seperti kayu, hasil hutan non-kayu, dan bahan bakar bagi masyarakat lokal. Penggunaan lahan dan pemanfaatan sumber daya alam masih secara tradisional oleh masyarakat lokal.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tahun 1990 penggunaan lahan yang masih cukup dominan yaitu hutan lahan kering sekunder dengan luas area 49.697,68 km<sup>2</sup>. Luas area hutan terutama terkonsentrasi di wilayah yang terletak di bagian timur provinsi yaitu Kabupaten Kutai Timur sebagai salah satu wilayah dengan luas area hutan dominan. Kabupaten Kutai Timur sebagian besar wilayahnya tertutup oleh hutan primer dan sekunder yang luas.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tahun 2020 penggunaan lahan yang masih cukup dominan yaitu hutan lahan kering sekunder dengan luas area 43.685,23 km<sup>2</sup>. Terdapat Wilayah yang mengalami perubahan luasan hutan terbesar terletak di bagian utara dan timur Provinsi yaitu Kabupaten Berau dan Kutai Timur di Provinsi Kalimantan Timur. Hal ini menunjukkan bahwa kabupaten ini mengalami penurunan signifikan dalam luas area hutan akibat dari berbagai faktor seperti deforestasi, konversi lahan untuk pertanian dan perkebunan, serta aktivitas ekstraksi sumber daya alam, di mana pertambangan batu bara dan pembangunan infrastruktur perkotaan paling intensif terjadi. Berdasarkan hasil analisis diperoleh data mengenai luasan masing-masing kelas penggunaan lahan dan sebaran deforestasi di Provinsi Kalimantan Timur pada Tahun 1990 dan 2020 yang masing-masing disajikan pada Tabel 1 dan peta Gambar 4 berikut.

Tabel 1. Penggunaan Lahan di Provinsi Kalimantan Timur

Kode PL	Jenis Penggunaan Lahan	Luas (KM²)	
		Tahun 1990	Tahun 2020
2001	Hutan Lahan Kering Primer	30.434,62	21.891,68
2002	Hutan Lahan Kering Sekunder	49.697,68	43.685,23
2004	Hutan Mangrove Primer	547,79	328,74
20041	Hutan Mangrove Sekunder	1.805,87	1.500,57
2005	Hutan Rawa Primer	466,32	224,74
20051	Hutan Rawa Sekunder	1.577,42	1.036,91
2006	Hutan Tanaman	2.091,58	5.750,05
2010	Perkebunan	2.866,04	13.748,52
2007	Semak Belukar	22.953,45	19.643,01
20071	Semak Belukar Rawa	6.617,56	5.078,48
20092	Pertanian Lahan Kering Bercampur Semak	2.654,06	5.449,30
20091	Pertanian Lahan Kering	95,11	868,77
20122	Transmigrasi	193,81	162,01
2012	Pemukiman	480,75	887,21
2014	Tanah Terbuka	1.376,33	1.466,53
20093	Sawah	52,54	321,29
20094	Tambak	689,61	1.172,94
5001	Tubuh Air	1.387,91	1.358,30
50011	Rawa	554,35	903,39
20121	Bandara	4,26	11,32
20141	Pertambangan	345,25	1.676,87
2500	awan	273,54	
Total Luas		127.165,85	127.165,85





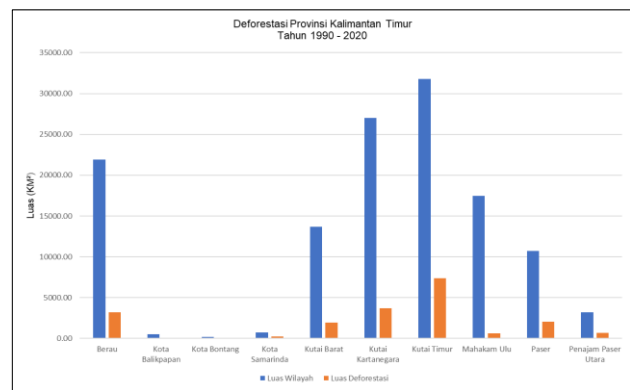
Berdasarkan analisis pengolahan data, menghasilkan daerah-daerah yang mengalami deforestasi yang cukup signifikan di wilayah Provinsi Kalimantan Timur selama 30 tahun dari tahun 1990 ke tahun 2020. Data mengenai luasan deforestasi yang tersebar di beberapa wilayah kabupaten atau kota yang berada di Provinsi Kalimantan Timur disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Luas Deforestasi di Beberapa Wilayah Provinsi Kalimantan Timur

NO	Kabupaten/Kota	Luas Wilayah (KM <sup>2</sup> )	Luas Deforestasi (KM <sup>2</sup> )	Persentase (%)
1	Berau	21.931,00	3.222,51	15%
2	Kota Balikpapan	510,13	13,00	3%
3	Kota Bontang	158,90	45,57	29%
4	Kota Samarinda	746,25	255,44	34%
5	Kutai Barat	13.662,45	1.940,42	14%
6	Kutai Kartanegara	26.990,29	3.700,68	14%
7	Kutai Timur	31.788,89	7.368,47	23%
8	Mahakam Ulu	17.443,11	628,52	4%
9	Paser	10.732,11	2.045,63	19%
10	Penajam Paser Utara	3.202,72	671,32	21%
Total		127.165,85	19.891,56	16%

Sumber: Hasil Analisis Data

Berdasarkan pengolahan data deforestasi sepanjang periode 1990 hingga 2020 di wilayah Provinsi Kalimantan Timur, pada Kabupaten Kutai Timur, salah satu penyebab utama deforestasi adalah perubahan lahan hutan menjadi pertanian lahan kering bercampur semak. Kemudian pada urutan kedua Kabupaten Kutai Kartanegara yaitu perubahan lahan hutan menjadi tambak. Adapun pada urutan ketiga Kabupaten Berau yaitu perubahan lahan hutan menjadi pertanian lahan kering bercampur semak. Pada urutan keempat Kabupaten Paser deforestasi yang disebabkan perubahan lahan hutan menjadi semak belukar rawa, kemudian urutan kelima Kabupaten Kutai Barat yakni perubahan lahan hutan menjadi pertambangan. Urutan keenam Kabupaten Penajam Paser Utara perubahan lahan hutan menjadi semak belukar rawa, kemudian urutan ketujuh di Kabupaten Mahakam Ulu, perubahan lahan hutan menjadi pertanian lahan kering bercampur semak. Urutan kedelapan Kota samarinda perubahan lahan hutan menjadi pertambangan. Selanjutnya urutan kesembilan di Kota Bontang perubahan lahan hutan menjadi pertanian lahan kering dan urutan terakhir Kota Balikpapan dengan perubahan hutan menjadi tambak. Deforestasi yang terjadi di Provinsi Kalimantan Timur tersaji pada grafik Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Grafik Deforestasi Provinsi Kalimantan Timur

Grafik di atas menunjukkan wilayah yang mengalami deforestasi terbesar di wilayah Provinsi Kalimantan Timur adalah Kabupaten Kutai Timur dengan luasan sebesar 7.368,47 km<sup>2</sup>. Deforestasi tersebut mengarah pada fungsi hutan yang diakibatkan oleh faktor alam dan juga perubahan yang disebabkan karena faktor kegiatan manusia. Perubahan yang terjadi dipengaruhi oleh bertambahnya jumlah penduduk dan aktivitas dalam memenuhi kebutuhan hidup yang memicu terjadinya konversi areal wilayah hutan menjadi non hutan.

Berdasarkan hasil analisis penggunaan lahan khususnya deforestasi pada tahun 1990 – 2020 terjadi beberapa jenis deforestasi perubahan penggunaan lahan hutan menjadi non hutan yang terbesar yaitu hutan lahan kering primer menjadi pertanian lahan kering bercampur semak sebesar 60,88%. Kemudian konversi hutan mangrove sekunder menjadi tambak sebesar 48,63%, hutan rawa primer sebesar 44,85% menjadi semak belukar rawa. Kemudian hutan mangrove primer sebesar 41,04% menjadi semak belukar rawa dan hutan rawa primer sebesar 39,15% menjadi semak belukar rawa. Selanjutnya adapun hutan mangrove primer menjadi tambak sebesar 35,45%. Kemudian hutan lahan kering sekunder menjadi pertanian lahan kering bercampur semak sebesar 31,74%. Sedangkan hutan lahan kering sekunder dominan berubah menjadi pertambangan sebesar 30,10%. Hutan mangrove sekunder dengan 30,08% menjadi semak belukar rawa. Adapun hutan lahan kering primer menjadi pertambangan sebesar 16,92%.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data penelitian, dapat disimpulkan penggunaan lahan pada tahun 1990 hingga tahun 2020 diklasifikasikan ke dalam 21 kelas penggunaan lahan yaitu hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, hutan mangrove primer, hutan mangrove sekunder, hutan rawa primer, hutan rawa sekunder, hutan tanaman, perkebunan, semak

belukar, semak belukar rawa, pertanian lahan kering bercampur semak, pertanian lahan kering, transmigrasi, pemukiman, tanah terbuka, sawah, tambak, tubuh air, rawa, bandara, dan pertambangan dengan penggunaan lahan dominan adalah hutan lahan sekunder dan penggunaan lahan terkecil adalah bandara.

Perubahan penggunaan lahan yang cukup dominan yakni, terdapat empat jenis lahan hutan yang berubah menjadi semak belukar rawa. Kemudian ada dua jenis lahan hutan yang berubah menjadi pertanian lahan kering bercampur semak, dua jenis lahan hutan berubah menjadi tambak dan terdapat dua jenis lahan hutan berubah menjadi pertambangan. Terjadinya deforestasi yang signifikan yaitu akibat perubahan lahan hutan menjadi pertanian lahan kering bercampur semak pada wilayah Kabupaten Kutai Timur seluas 7.368,47 km<sup>2</sup> dalam rentang tahun 1990 hingga 2020, serta terjadinya perubahan lahan hutan menjadi pertambangan dan pertanian di beberapa wilayah di Provinsi Kalimantan Timur.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada pihak yang telah memberikan dukungan dan bimbingan selama pelaksanaan penelitian ini berlangsung, utamanya untuk tenaga pendidik dan tenaga kependidikan di Program Studi D3 Teknologi Geomatika Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pembaca.

## 6. REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. (2014). Klasifikasi Penutup Lahan - Bagian 1 Skala Kecil dan Menengah. Jakarta: BSN.
- Bawono, B. T., dan Mashdurohatun, A. (2011). Penegakan Hukum Pidana di Bidang Illegal Logging Bagi Kelestarian Lingkungan Hidup dan Upaya Penanggulangannya. *Jurnal Hukum* Volume 16 Nomor 2, 590–611.
- Dewa, D. D., & Sejati, A. W. (2019). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Emisi Gas Rumah Kaca pada Wilayah Cepat Tumbuh di Kota Semarang. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia* Volume 1 Nomor 1, 24-31.
- Handoko, dan Darmawan, A. (2015). Perubahan Tutupan Hutan di Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman (Tahura War). *Jurnal Sylva Lestari*, Volume 3 Nomor 2, 43–52. <https://doi.org/10.23960/jsl2343-52>
- Nawir, A. A., Murniati, & Rumboko, L. (2008). Rehabilitasi Hutan di Indoensia, Akan Kemanakah Arahnya Setelah Lebih dari Tiga Dasawarsa. Bogor: Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Putri, R. A. (2017). Analisis Perubahan Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Rawapening dengan Sentinel- 1a Tahun 2015-2016. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Sampurno, R. M., & Thoriq, A. (2016). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) di Kabupaten Sumedang. *Jurnal Teknotan* Volume 10 Nomor 2, 61 - 170.
- Shafitri, L. D., Prasetyo, Y., dan Hani'ah. (2018). Analisis Deforestasi Hutan di Provinsi Riau dengan Metode Polarimetrik dalam Pengindraan Jauh. *Jurnal Geodesi Undip*, Volume 7 Nomor 1, 212–222
- Sofyan A. P., A. B., Fadlin, F., Arifin, D., Insanu, R. K., & Sutaji, A. A. (2024). Pemetaan Deforestasi dan Perubahan Tutupan Lahan di Wilayah Pertambangan Nikel Kecamatan Pomalaa Memanfaatkan Teknologi Penginderaan Jauh. *Journal of Geomatics Engineering Technology and Science (GETS)* Volume 2 Nomor 2, 50 - 55.
- Tambunan, A., Purba, T., & Rozalina. (2020). Analisis Laju Deforestasi di DAS Bah Bolon Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Akar* Volume 2 Nomor 2, 79 - 89.