

KAJIAN PEMANTAUAN PERUBAHAN PENUTUPAN LAHAN BERBASIS PENGINDERAAN JAUH DI KOTAWARINGIN BARAT

Monitoring Study Land Cover Changes Based on Remote Sensing in Kotawaringin Barat

Beni Iskandar^{1*}, Nanang Hanafi, Rifki Anshari²

¹ Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Muhammadiyah Palangkaraya

² Mahasiswa Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

* Email : beniiskandar@umpr.ac.id

Diterima : 27/10/2021, Direvisi :16/03/2022, Disetujui : 22/06/2022

ABSTRACT

The first step in monitoring deforestation is to measure and identify land cover changes. This research uses remote sensing technology, has advantages, among others: cheap, transparent, fast and accurate, as well as temporal analysis. This study aims to identify, measure, and analyze land cover trends in 1990-2000, 2000-2012, and 2012-2021. The results showed that there were 18 land cover classes with details of 3 forest classes; and 15 non-forest classes; Forest class decreased throughout 1990 to 2021, the trend of changing forest cover was deforestation into plantations, swamp shrubs, dryland agriculture mixed with shrubs, and swamps. The rate of deforestation in 1990-2000 was 3.07%, deforestation in 2000-2012 was 3.02%, and deforestation in 2012-2021 was 1.02%. The accuracy of land cover classification is 91%.

Keywords; deforestation; remote sensing

ABSTRAK

Langkah awal pemantauan deforestasi dengan cara mengukur dan mengidentifikasi perubahan penutupan lahan. Penelitian ini menggunakan teknologi penginderaan Jauh, memiliki kelebihan antara lain: murah, transparan, cepat dan akurasi terukur serta analisis secara temporal. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi, mengukur, dan menganalisis tren perubahan penutupan lahan tahun 1990-2000, 2000-2012, dan 2012-2021. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 18 kelas penutupan lahan dengan rincian 3 kelas hutan; dan 15 kelas non hutan; Kelas hutan mengalami penurunan sepanjang tahun 1990 sampai tahun 2021, tren perubahan penutupan hutan mengalami deforestasi menjadi perkebunan, semak/belukar rawa, pertanian lahan kering bercampur semak, dan rawa serta laju deforestasi tahun 1990-2000 sebesar 3,07%, deforestasi tahun 2000-2012 sebesar 3,02%, deforestasi tahun 2012-2021 sebesar 1,02%. Akurasi klasifikasi penutupan lahan sebesar 91%.

Kata kunci; deforestasi; penginderaan jauh

PENDAHULUAN

Deforestasi dan degradasi hutan adalah sumber utama emisi karbon antropogenik kedua di negara berkembang (Gulliso et al. 2007), kebijakan Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation (REED+) dalam pencegahan bencana perubahan iklim

menyediakan berbagai manfaat, hal ini juga termasuk memberikan perlindungan jasa yang diperoleh dari lingkungan hutan dan meningkatkan mata pencarian rakyat untuk memperkuat hak-hak kepemilikan dalam pengelolaan hutan (Jaya 2011). United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Conference of the Parties (COP16) negara berkembang didorong untuk berkontribusi pada pengurangan emisi dari deforestasi dan degradasi hutan, konservasi peningkatan stok karbon hutan, pengelolaan hutan berkelanjutan. Dalam dokumen Nationally Determined Contributions (NDC) Negara Indonesia menyatakan berkomitmen pada COP15 tahun 2009 untuk menurunkan emisi 26% (dengan usaha sendiri) dan sebesar 41% (jika mendapatkan bantuan internasional pada tahun 2020 (Masripantin et al 2017).

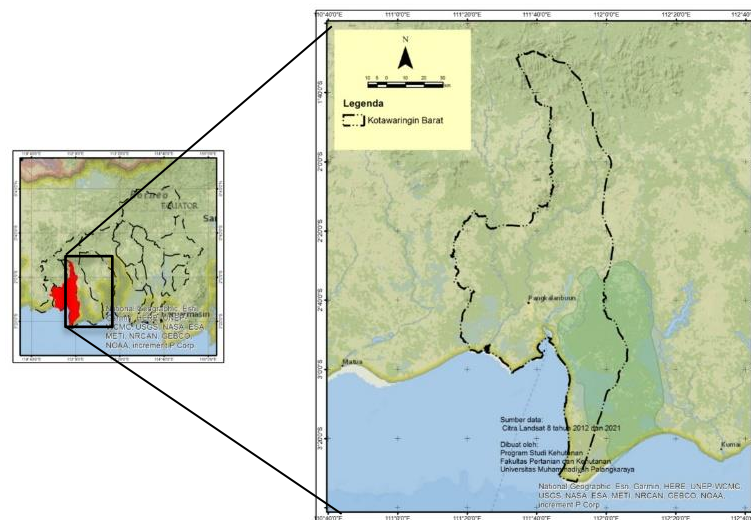
Kalimantan Tengah, Kabupaten Kotawaringin Barat memiliki luas hutan 713 ha (BPS 2016). Terdapat berbagai ancaman yang mengganggu keberadaan hutan atau terjadi deforestasi. Kebakaran hutan di Kotawaringin Barat diperkirakan pada tahun 2015 seluas 17.835 ha dan pada tahun 2016 hutan terbakar seluas 1.095 ha (NOAA 2015 dan 2016) dan telah mulai ekspansi besaran-besaran perkebunan merambah hutan sejak tahun 1998 dan eksploitasi hutan sejak awal pertengahan tahun 1960-an semakin memperparah kondisi hutan. Oleh sebab itu diperlukannya sistem pemantauan hutan nasional yang transparan, akurat dan cepat, sejalan dengan UNFCCC COP16 negara berkembang termasuk Indonesia didorong lebih jauh untuk mengembangkan sistem pemantauan hutan nasional yang kuat dan transparan.

Pemantauan deforestasi dengan cara mengukur dan mengidentifikasi perubahan penutupan lahan (Jaya et al. 2011). Kegiatan ini kami menggunakan teknologi Penginderaan Jauh, karena memiliki kelebihan antara lain: murah, transparan, cepat dan akurasi terukur dibandingkan dengan metode berbasis lapangan (Wangk et al. 2010), teknologi ini telah ditetapkan untuk mengukur dan mengidentifikasi perubahan penutupan lahan melalui analisis temporal dan multi spektral kumpulan data, selain itu juga teknologi ini dapat menggali historis perjalanan perubahan penutupan lahan jangka panjang dan mencakup areal yang luas (Masek 2015 dan Grecchi et al 2017). Penelitian ini bertujuan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh mengidentifikasi, mengukur, dan menganalisis tren perubahan penutupan lahan tahun 1990-2000, 2000-2012, dan 2012-2021 di Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah.

METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai 1 Mei sampai dengan Oktober 2021. Tahapan pengolahan citra dilaksanakan pada bulan Mei 2021 yang bertempat di Fakultas Pertanian dan Kehutanan. Lokasi Penelitian di Kabupaten Kotawaringin Barat, secara geografis terletak pada 2° 24' 0" Lintang Selatan dan 111° 43' 59.99" Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah
(Figure 1. Map of Research Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah)

Pra-Pengolahan citra

Tahapan pra pengolahan citra yaitu: melakukan koreksi geometrik adalah koreksi yang memperbaiki posisi citra mendekati dengan posisi kondisi lapangan, pembuatan citra komposit Landsat TM 5 Landsat 7 ETM kombinasi dan Landsat 8 OLI tahun saluran *near infrared*, *red* dan *green* serta dilakukan pemotongan citra sesuai dengan batas administrasi Kotawaringin Barat.

Analisis Pengolahan Citra

Identifikasi kelas penutupan lahan dengan mengklasifikasi penutupan lahan pada citra Landsat di Kotawaringin Barat tahun perekaman 1990, 2000, 2012, dan 2021. Klasifikasi penutupan lahan berdasarkan (Kamus Data Geospasial LHK Tahun 2016). Klasifikasi identifikasi penutupan lahan menggunakan teknik interpretasi visual citra dengan elemen penafsiran rona/warna, bentuk, ukuran, tekstur, bayangan, dan asosiasi (Jaya 2010).

Validasi Klasifikasi Penutupan Lahan

Pengambilan data lapangan merupakan kegiatan validasi hasil klasifikasi penutupan lahan di atas citra Landsat dengan membandingkan pada citra resolusi menengah citra SPOT-6 dan pengambilan foto drone di lapangan, sejumlah 118 titik validasi klasifikasi penutupan lahan. Pengambilan titik contoh di lapangan ditentukan secara *purposive sampling* berdasarkan kemudahan akses untuk mencapai titik tersebut. Klasifikasi penutupan lahan yang dilakukan validasi yaitu bandara/pelabuhan, danau, hutan lahan kering sekunder, hutan mangrove sekunder, hutan rawa sekunder, permukiman, perkebunan, pertambangan, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering bercampur semak, rawa, semak/belukar, semak/belukar rawa, tambak, tanah terbuka, transmigrasi/kampung, dan tubuh air.

Uji akurasi

Hasil klasifikasi dianalisis menggunakan matrik kontingensi atau matrik kesalahan yang memuat sejumlah piksel yang diklasifikasi. Menurut Jaya (2015) akurasi klasifikasi dapat diukur menggunakan *Overall Accuracy* dan *Kappa Accuracy*. OA merupakan persentase jumlah piksel yang dikelaskan secara benar dibagi dengan jumlah seluruh piksel:

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^r X_{ii}}{N} 100\% \text{ dan } KA = \frac{\sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+} X_{+i}}$$

Dimana:

OA : Overall Accuracy

KA : Kappa Accuracy

X_{ii} : nilai diagonal dari matrik kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i

X_{+i} : jumlah piksel dalam kolom ke-i

X_{i+} : Jumlah piksel dalam baris ke-i

N : Banyaknya piksel dalam contoh

Analisis Laju Deforestasi

Laju deforestasi ditentukan dari luas hutan per periode waktu dan menghitung persentase deforestasi per tahun luas hutan yang digunakan adalah hutan sekunder berdasarkan identifikasi perekaman citra Landsat tahun 1990, 2000, 2012, dan 2021. Menurut Sari (2014) laju deforestasi per tahun diperoleh menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Laju deforestasi} = \frac{Lhd}{t}$$

Dimana:

Lhd : luas hutan yang mengalami deforestasi per periode waktu

t : lamanya periode waktu

Selanjutnya, mencari persentase deforestasi per tahun dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut

$$\text{Persentase deforestasi} = \frac{Lhd/Lh}{t} 100\%$$

Dimana:

Lhd : luas hutan yang mengalami deforestasi per periode waktu

Lh : Luas hutan keseluruhan

t : lamanya periode waktu

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Penutupan Lahan Perekaman citra Landsat 1990, 2000, 2012, dan 2021

Berdasarkan (Tabel 1) kelas penutupan hutan (HLKS, HMS, dan HRS) kecenderungan mengalami penurunan luasan periode tahun 1990 sampai dengan 2021, HLKS pada tahun 1990 seluas 16%, pada tahun 2021 seluas 5%, HMS pada tahun 1990 seluas 1,6%, pada tahun 2021 seluas 0,85%, HRS pada tahun 1990 seluas 50%, pada tahun 2021 seluas 21%. Kelas penutupan non hutan terjadi peningkatan persentase luas yang signifikan, luas perkebunan sejak tahun 1990 seluas 0,02% pada tahun 2021 seluas 38,28%. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Mulyanto dan Jaya (2004) menyatakan bahwa 95% dari hutan pada tahun 1999 telah hilang selama kurun waktu 3 tahun. Penelitian Rautner *et al.* (2013) juga menyatakan sejak tahun 2000 hutan berkurang 40 juta ha dan dianggap rusak.

Tabel 1. Penutupan lahan
Table 1. Land cover

Penutupan Lahan	1990		2000		2012		2021	
	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%
AW	1.196,89	0,13	21,64	0,00	0,00	0,00	113,58	0,01

BP	36,17	0,00	36,17	0,00	36,17	0,00	36,17	0,00
DN	789,17	0,08	789,17	0,08	764,02	0,08	790,51	0,08
HLKS	152.490,14	16,10	135.184,88	14,27	55.472,04	5,85	54.795,84	5,78
HMS	15.357,54	1,62	11.487,46	1,21	9.439,85	1,00	8.071,57	0,85
HRS	480.069,68	50,67	302.918,47	31,97	223.876,22	23,63	200.046,52	21,11
PM	5.480,39	0,58	5.150,22	0,54	6.928,56	0,73	6.868,13	0,72
PB	13.518,50	1,43	115.593,28	12,20	328.759,74	34,70	362.682,91	38,28
PT	190,43	0,02	2.050,13	0,22	5.403,61	0,57	3.662,93	0,39
PLK	43.677,17	4,61	40.934,82	4,32	13.843,53	1,46	11.448,05	1,21
PLKBS	15.737,29	1,66	12.906,17	1,36	12.811,01	1,35	15.519,38	1,64
RW	72.588,77	7,66	90.645,96	9,57	76.658,45	8,09	77.087,34	8,14
SB	23.875,33	2,52	33.307,03	3,52	36.840,58	3,89	30.310,65	3,20
SBR	92.294,96	9,74	168.120,06	17,74	151.677,85	16,01	156.444,20	16,51
TM	0	0,00	386,01	0,04	758,72	0,08	584,98	0,06
TT	9.642,44	1,02	7.905,72	0,83	10.119,09	1,07	5.088,13	0,54
TK	10.936,42	1,15	10.376,41	1,10	4.539,70	0,48	4.400,21	0,46
TA	9.551,32	1,01	9.619,02	1,02	9.503,47	1,00	9.481,52	1,00
Total (ha)	947.432,62	100	947.432,62	100	947.432,62	100	947.432,62	100

Keterangan: *AW: Awan; BP: Bandara/Pelabuhan; DN: Danau; HLKS: Hutan Lahan Kering Sekunder; HMS: Hutan Mangrove Sekunder; HRS: Hutan Rawa Sekunder; PM: Pemukiman; PB: Perkebunan; PT: Pertambangan; PLK: Pertanian Lahan Kering; PLKBS: Pertanian Lahan Kering Bercampur Semak; RW: Rawa; SB: Semak/Belukar; SBR: Semak/Belukar Rawa; TM: Tambak; TT: Tanah Terbuka; TK: Transmigrasi/Kampung; dan TA: Tubuh Air.

Note: *AW: Cloud; BP: Port; DN: Lake; HLKS: Secondary Dryland Forest; HMS: Secondary Mangrove Forest; HRS: Secondary Swamp Forest; PM: Settlement; PB: Farm; PT: Mining; PLK: Dryland Farming; PLKBS: Dryland Farming Mixed With Bush; RW: Swamp; SB: Shrub; SBR: Swamp Shrub; TM: Pond; TT: Clearing; TK: Transmigration/Village; TA: Water Body.

Deforestasi

Perubahan penutupan hutan menjadi non hutan disebut dengan deforestasi. Berdasarkan (Tabel 2) menunjukkan bahwa HLKS mengalami deforestasi menjadi PB 1,3%, SB 5%, HMS mengalami deforestasi menjadi SBR 1,56%, HRS mengalami deforestasi menjadi PB 37%, SBR 39%. Berdasarkan (Tabel 3) penutupan hutan HLKS, HMS, HRS mengalami deforestasi tertinggi menjadi PB, fenomena ini juga terjadi pada (Tabel 4) penutupan hutan mengalami deforestasi menjadi PB. Menurut Parker (2013) yang menyatakan perkebunan merupakan penyebab langsung deforestasi hutan di 100 negara berkembang yang menyebabkan 73% deforestasi. Berdasarkan (Tabel 1, 2, 3) penutupan hutan rawa memiliki kecenderungan paling tinggi mengalami konversi menjadi perkebunan. Kotawaringin Barat di dominasi oleh perkebunan tanaman sawit yang habitatnya perlu air yang selalu tersedia, oleh karena itu hutan rawa sekunder mengalami deforestasi tertinggi menjadi perkebunan dibandingkan dengan tutupan hutan lainnya.

Tabel 2. Deforestasi tahun 1990-2000
Table 2. Deforestation in 1990-2000

Kelas Perubahan	Luas (Ha)	%
HLKS_PB	2.674,93	1,35
HLKS_PT	629,83	0,32
HLKS_PLK	589,85	0,30

HLKS_PLKBS	123,13	0,06
HLKS_SB	10.703,58	5,38
HLKS_TT	2.916,25	1,47
HMS_PB	198,05	0,10
HMS_PT	419,77	0,21
HMS_SBR	3.095,11	1,56
HMS_TM	66,43	0,03
HMS_TT	40,91	0,02
HMS_TA	60,30	0,03
HRS_PB	75.369,38	37,91
HRS_PT	454,53	0,23
HRS_PLK	430,13	0,22
HRS_PLKBS	2.892,64	1,45
HRS_RW	18.188,13	9,15
HRS_SB	714,78	0,36
HRS_SBR	78.885,89	39,68
HRS_TT	348,19	0,18
HRS_TK	21,52	0,01

Keterangan *)
Note *)

Tabel 3. Deforestasi tahun 2000-2012
Table 3. Deforestation in 2000-2012

Kelas Perubahan	Luas (Ha)	%
HLKS_PB	63.488,30	38,98
HLKS_PT	481,45	0,30
HLKS_PLK	476,71	0,29
HLKS_SB	14.995,67	9,21
HLKS_TT	595,05	0,37
HMS_PM	8,89	0,01
HMS_PB	1.275,47	0,78
HMS_SBR	970,43	0,60
HMS_TT	142,48	0,09
HRS_PB	22.574,87	13,86
HRS_PT	314,44	0,19
HRS_PLK	603,06	0,37
HRS_PLKBS	7.463,32	4,58
HRS_RW	3.105,03	1,91
HRS_SB	463,65	0,28
HRS_SBR	43.739,28	26,85
HRS_TT	2.183,41	1,34

Keterangan *)
Note *)

Tabel 4. Deforestasi tahun 2012-2021
Table 4. Deforestation in 2012-2021

Kelas Perubahan	Luas (Ha)	%
HLKS_SB	676,20	2,56
HMS_PM	55,32	0,21
HMS_PB	720,53	2,73
HMS_SBR	595,60	2,25
HMS_TA	12,69	0,05
HRS_PB	2.203,10	8,34
HRS_PT	94,19	0,36
HRS_PLKBS	3.991,48	15,10
HRS_RW	2.635,68	9,97
HRS_SB	239,84	0,91
HRS_SBR	15.138,28	57,29
HRS_TT	62,39	0,24

Keterangan *)

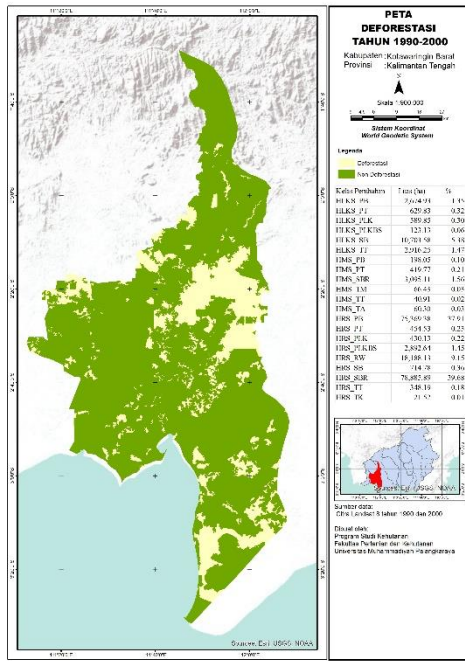
Note *)

Sebaran Spasial Deforestasi dan Laju Deforestasi

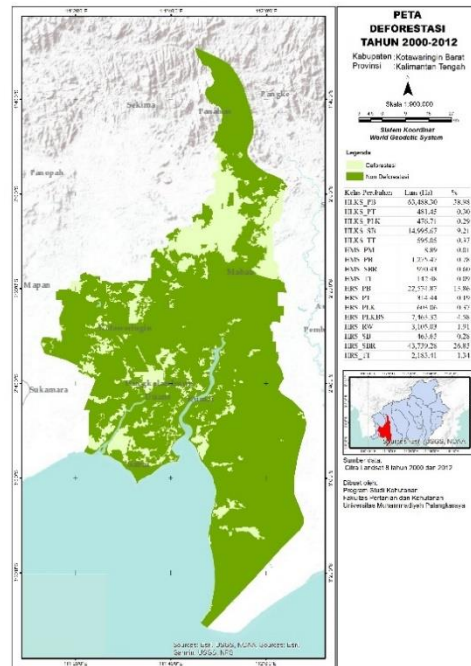
Berdasarkan (Tabel 5) laju deforestasi pada tahun 1990-2000 sebesar 3,07% atau setiap tahunnya kehilangan hutan sebesar 64.792 ha/th, laju deforestasi 2000-2012 sebesar 3,02% atau setiap tahun kehilangan hutan sebesar 37.466 ha/th, laju deforestasi 2012-2021 sebesar 1,02% atau setiap tahunnya 32.088 ha. Deforestasi tertinggi terjadi pada tahun 1990-2000 dan 2000-2012. Indonesia mengalami perubahan besar dibidang politik dengan pergantian Orde Baru ke Era Reformasi. Perubahan dinamis, sehingga menyebabkan dampak besar terhadap peningkatan laju deforestasi (Mulayani 2004). Sebaran spasial deforestasi (Gambar 2 dan 3) menunjukkan bahwa deforestasi tersebar dan banyak daerah yang mengalami deforestasi pada daerah datar yaitu hutan rawa, sedangkan pada (Gambar 4) sebaran spasial deforestasi mengalami penurunan.

Tabel 5. Luas hutan dan laju deforestasi
Table 5. Forest area and deforestation rate

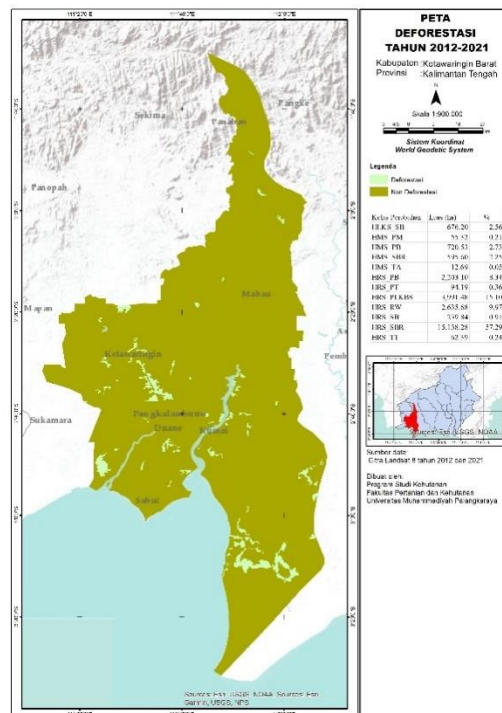
	Tahun		
	1990	2000	2012
Luas hutan (ha)	647.917	449.591	288.788
Periode deforestasi	1990-2000	2000-2012	2012-2021
Lama periode	10	12	9
Laju deforestasi (ha/th)	64.792	37.466	32.088
Laju deforestasi (%/ha)	3,07	3,02	1,02
Luas deforestasi (ha/periode)	198.823	162.881	26.425
Luas hutan tanpa deforestasi (ha/periode)	449.094	286.709	262.363



Gambar 2. Deforestasi tahun 1990-2000
Figure 2. Deforestasi in 1990-2000



Gambar 3. Deforestasi tahun 2000-2012
Figure 3. Deforestasi in 2000-2012



Gambar 4. Deforestasi tahun 2012-2021
Figure 4. Deforestasi in 2012-2021

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa terdapat 18 kelas penutupan lahan dengan rincian 3 kelas hutan; dan 15 kelas non hutan; Kelas hutan mengalami penurunan sepanjang tahun 1990 sampai tahun 2021, tren perubahan penutupan hutan mengalami deforestasi menjadi perkebunan, semak/belukar rawa, pertanian lahan kering bercampur semak, dan rawa serta laju deforestasi tahun 1990-2000 sebesar 3,07%, deforestasi tahun 2000-2012 sebesar 3,02%, deforestasi tahun 2012-2021 sebesar 1,02%.

DAFTAR PUSTAKA

- Amliana, DR, Prasetyo, Y, Sukmono, A 2016, 'Analisi Perbandingan Nilai NDVI Landsat 7 dan Landsat 8 pada kelas tutupan lahan (Studi Kasus: Kota Semarang, Jawa Tengah)', *Jurnal Geodesip Undip*, vol. 5, no. 1, pp 2337–845
- Badan Standar Nasional Indonesia, 2010, *Klasifikasi Penutupan Lahan*, Badan Standar Nasional Indonesia, Jakarta, Indonesia.
- Badan Pusat Statistik Kotawaringin Barat, 2016, *Statistik Kehutanan*, dilihat 7 April 2021.
- FAO, 1990, 'Situation and outlook of the forestry sector in Indonesia', Food and Agriculture Organisation of the United Nation, Jakarta.
- Grecchi, RC, Beuchle, R, Edemir, Y, Aragão, LEOC, Arai, E, Simonetti, D, & Achard, F 2017, An integrated remote sensing and GIS approach for monitoring areas affected by selective logging: A case study in northern Mato Grosso, Brazilian Amazon International', *Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 61, pp 70–80
- Gullison R E 2007, 'Tropical forests and climate policy', *Science*, vol. 316, pp. 985-986.
- Jaya INS, 2011. 'Analysis On land-Use Change Using Remote Sensing and GIS Technology To Support Redd Program Implementation in Lombok Island, Indonesia', *KIPCCF Report*.
- Jaya, INS 2015, *Analisis citra Digital Perspektif Jauh Untuk Pengelolaan Sumber daya Alam*, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor, Jakarta.
- Jaya, INS 2010, *Analisis citra Digital Perspektif Jauh Untuk Pengelolaan Sumber daya Alam*, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor, Jakarta.
- Masripanti, N, Rachmawaty, E, Surayantin, Y, Setyawan, H, Farid, M, & Isandar, N 2017, Strategi Implementasi NDC, Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, KLHK, Jakarta.
- Mulyanto, Jaya INS. 2004. Analisis spasial degradasi hutan dan deforestasi: studi kasus di PT. Duta Maju Timber, Sumatera Barat. *J Man Hut Trop*. 10(1):2942.
- National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015 & 2016, *Titik Api Kotawaringin Barat*, di lihat 7 April 2021.
- Parker IB. 2013. Penyebab Deforestasi Menghilang dalam Retorika REDD+ Analisis [Internet]. 31 Oktober 2013; [diunduh 2014 Agustus 24]. Tersedia dari: <http://blog.cifor.org>.
- Rautner M, Leggett M, Davis F.2013. Buku Kecil Pendorong Besar Deforestasi. Global Canopy Programme: Oxford. [Internet]. November 2013; [diunduh 2014 Agustus 25]. Tersedia dari: <http://www.unorcid.org>.
- Sunderlin WD & Resosundarmo IAP 1997, 'Laju dan penyebab Deforestasi di Indonesia: Penelaahan Keracunan dan penyelesaian', *Occasional Paper*, vol. 9, no. 1.
- Sari, IPP. 2014. Penyusunan Baseline Deforestasi Berbasis Spasial di Beberapa Kecamatan Provinsi Jambi. IPB University.
- UNFCCC, 2006, *United Nations Framework Convention on Climate Change, Handbook*. Bonn, Intergovernmental and Legal Affairs, Germany.
- Undang-Undang Republik Indonesia, No. 41 2011, *tentang Informasi Geospasial*, Indonesia.
- Wang, K, Franklin, S E, Guo, X, and Cattet, M 2010, 'Remote sensing of ecology', *biodiversity and conservation: a review from the perspective of remote sensing specialists*, *Sensors*, vol. 10, pp 9647-9667
- World Bank, 1990, 'Indonesia sustainable development of forest, land and water'. The World Bank, Washington. DC