

Monitoring Spasial: Pemanfaatan Indeks Vegetasi Dalam Penilaian Kondisi Tutupan Vegetasi di Areal Hutan Kemasyarakatan

Studi Kasus di Gapoktahut Lestari Sejahtera, Kecamatan Semaka, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung

lkurniawan.consultant@gmail.com

Latar Belakang

Dalam peraturan Nomor P.83/MENLHK/SETJEN/KUM.1/10/2016 tentang Perhutanan Sosial yang menguraikan bahwa Perhutanan Sosial adalah sistem pengelolaan hutan lestari yang dilaksanakan dalam Kawasan hutan negara atau hutan hak/hutan adat yang dilaksanakan oleh masyarakat setempat atau masyarakat hukum adat sebagai pelaku utama untuk meningkatkan kesejahteraannya, keseimbangan lingkungan dan dinamika sosial budaya dalam bentuk Hutan Desa, Hutan Kemasyarakatan, Hutan Tanaman Rakyat, Hutan Rakyat, Hutan Adat dan Kemitraan Kehutanan.

Salah satu kewajiban pemegang izin IUPHKm yang tercantum dalam peraturan Nomor P.83/MENLHK/SETJEN/KUM.1/10/2016 yaitu terkait dengan melakukan kegiatan penanaman dan pemeliharaan hutan, mempertahankan fungsi hutan dan melaksanakan perlindungan hutan di areal kerja pemegang izin, sehingga diperlukan upaya kegiatan pengawasan yang dilakukan secara periodik terhadap kegiatan pengelolaannya untuk menjamin bahwa kegiatan pemanfaatan hutan berjalan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

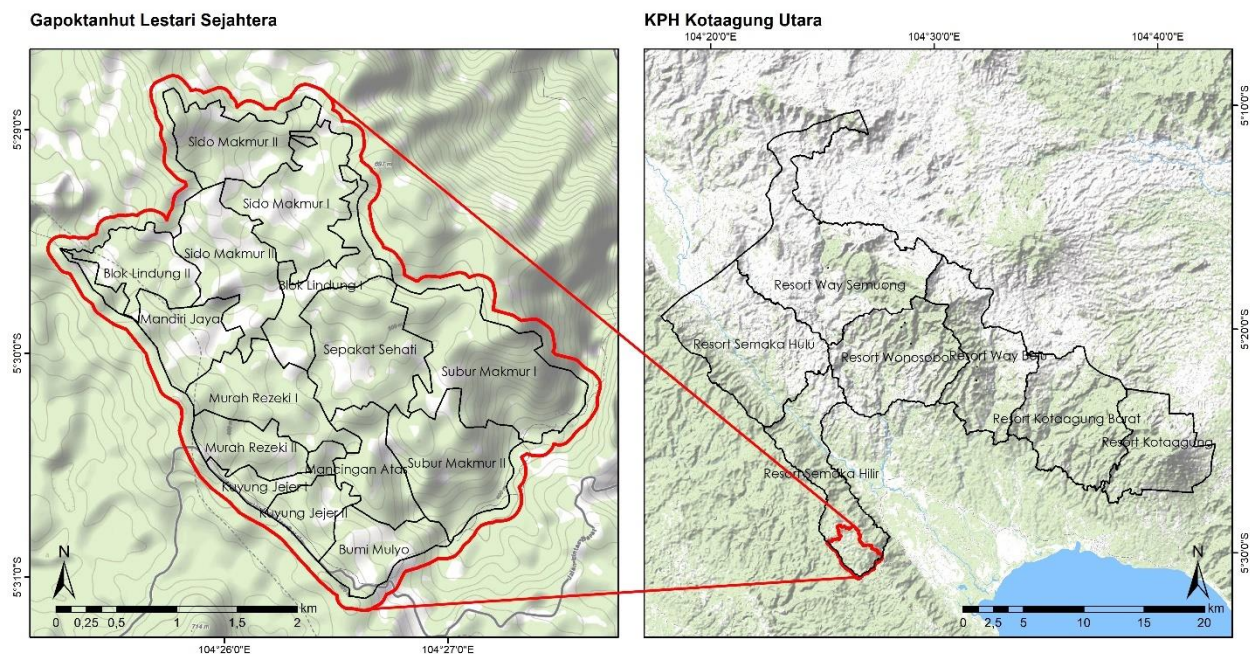
Pengawasan ini dapat dilakukan dengan mengecek kondisi di lapangan. Namun, pengecekan wilayah yang luas mengharuskan perlunya sampling terhadap lokasi yang dikunjungi. Kondisi ini dapat menyebabkan tidak terwakilinya informasi yang akan dinilai sehingga bisa saja kondisi yang diperoleh tidak akurat (Nursaputra M et al., 2021). Kegiatan penilaian dan pengawasan seperti itu masih jarang menyentuh kemampuan teknologi yang berkembang sekarang, misalnya dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Penggunaan citra atau foto udara yang diperoleh dari kegiatan penginderaan jauh saat ini dapat memonitor kondisi lingkungan di suatu wilayah secara temporal, akurat dan luasnya langsung diketahui (Shofiyanti, 2011; Widiyatmoko et al., 2017).

Pendekatan yang digunakan dalam tulisan ini merujuk dari penelitian dengan studi kasus pemanfaatan penginderaan jauh dalam penilaian keberhasilan reklamasi di lahan pasca tambang PT Vale Indonesia (Nursaputra M et al., 2021), metode tersebut dipilih karena secara konteks mempunyai prinsip dasar permasalahan yang sama. Penilai atau pengawas dalam hal pemantauan pengelolaan izin, sebenarnya dapat memanfaatkan teknologi ini untuk mengamati kinerja pemegang izin dalam melaksanakan kewajibannya melalui penilaian terhadap kondisi tutupan vegetasi, sehingga diharapkan kegiatan pemantauan terkait pengelolaan hutan dapat dilakukan dengan mudah dan setiap tahun dapat diperoleh hasilnya.

Dalam kasus lain pemanfaatan teknologi penginderaan jauh melalui transformasi nilai indeks vegetasi pada citra satelit menunjukkan hasil yang memuaskan, dimana tingkat kesehatan vegetasi pada lahan reklamasi tambang terbuka dapat dipantau dari tahun ke tahun melalui transformasi indeks vegetasi (Karan et al., 2016). Oleh karena itu, melalui tulisan ini, akan dilakukan pengkajian sederhana menggunakan data spasial, untuk mendapatkan hasil penilaian kondisi vegetasi pada areal kerja Gapoktanhut Lestari Sejahtera, Kec. Semaka, Kab. Tanggamus Lampung dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh sebelum dan sesudah pelaksanaan program kegiatan penanaman tahun 2020.

Metode

Kajian dalam tulisan ini dilakukan pada areal Hutan Kemasyarakatan Gapoktanhut Lestari Sejahtera, Kec. Semaka, Kab. Tanggamus yang pada saat tulisan ini dibuat telah dilaksanakan kegiatan penanaman pada tahun 2020 oleh 13 kelompok tani hutan anggota dari Gapoktanhut Lestari Sejahtera dengan total luas area 754.51 ha yang secara rinci disajikan pada tabel 1. Secara administrasi areal kerja Gapoktanhut Lestari Sejahtera berada di Kawasan Hutan Lindung Register 31 Pematang Arah wilayah Resort Semaka Hilir KPH Kota Agung Utara.



Gambar 1. Peta area pada lokasi kajian

Tabel 1. Distribusi luasan areal penanaman pada masing-masing KTH

No	Kelompok Tani Hutan	Luas (ha)
1	Bumi Mulyo	42.6
2	Kuyung Jejer 1	21.11
3	Kuyung Jejer 2	27.41
4	Mancingan Atas	42.43
5	Mandiri Jaya	48.72
6	Murah Rezeki 1	62.68
7	Murah Rezeki 2	35.01
8	Sepakat Sehati	87.19
9	Sido Makmur 1	76.95
10	Sido Makmur 2	59.73
11	Sido Makmur 3	67.6
12	Subur Makmur 1	113.9
13	Subur Makmur 2	79.18
14	Blok Lindung 1	46.37
15	Blok Lindung 2	46.32
Total		854.32

Pada September 2020, Kementerian Iklim dan Lingkungan Norwegia memberikan kontrak internasional kepada Kongsberg Satellite Services (KSAT), dengan mitra Planet dan Airbus telah menyediakan akses menyeluruh ke citra satelit resolusi tinggi untuk memonitor wilayah-wilayah tropis. Sebagai bagian dari Program ini, Planet bermitra dengan NICFI dalam rangka menyediakan citra satelit resolusi tinggi untuk wilayah-wilayah tropis secara gratis bagi pengguna yang memajukan Tujuan NICFI dalam mengurangi dan memulihkan hilangnya hutan tropis, memerangi perubahan iklim, melestarikan keanekaragaman hayati, dan memfasilitasi pengembangan berkelanjutan (NICFI, 2023). Data Mosaik Reflektivitas Permukaan PlanetScope (Siap Dianalisis) dioptimalkan untuk analisis ilmiah dan kuantitatif, mosaik-mosaik ini menawarkan representasi analitik atau 'kebenaran dasar' dari data yang akurat secara spasial dengan efek atmosfer dan karakteristik sensor yang diminimalkan. Mencakup frekuensi keempat (mendekati inframerah) dan sesuai untuk digunakan berbagai macam indeks vegetasi, termasuk Normalised Difference Vegetation Index (NDVI), Enhanced Vegetation Index (EVI), Normalised Difference Water Index (NDWI), dan banyak lagi. Mosaik-mosaik ini sesuai untuk pengguna yang melakukan pemantauan atau penginterpretasian citra satelit secara kuantitatif atau ilmiah. Dengan spesifikasi Produk:

- Area : Wilayah tropis global
- Resolusi Spasial : 4,77m per piksel
- Resolusi Spektral : Red, Green, Blue, Near-Infrared (4 band)
- Resolusi Temporal : Archive dari Desember 2015 - Agustus 2020, dua kali dalam setahun
Monitoring dari September 2020 - dan seterusnya sebulan sekali

Data citra satelit planet dapat di akses secara gratis pada paltform berikut (<https://www.planet.com/explorer/>). Kemudahan dalam akses dan tersedianya data citra satelit dalam periode yang tidak terlalu jauh, menjadikan data ini dapat digunakan oleh berbagai instansi untuk melakukan pengamatan operasional seperti kondisi tutupan lahan dan deteksi perubahan lahan dalam cakupan areal yang luas. Kajian ini menggunakan citra satelit planet rekaman tahun 2019 (Juni) dan tahun 2022 (Agustus). Dimana pemilihan waktu perekaman hanya didasarkan pada citra yang bersih awan pada wilayah kajian agar tidak terdapat gangguan dari faktor atmosferik yang cukup banyak. Proses pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software ArcGis.

Planet Basemap (Juni 2019)



Planet Basemap (Agustus 2022)



Gambar 2. Penampakan citra planet (true color)

Indeks vegetasi adalah ukuran kuantitatif dari citra yang terkait dengan kerapatan, biomassa atau kesehatan vegetasi (Huete et al., 1997). Lufilah et al. (2017) menjelaskan bahwa NDVI merupakan indeks vegetasi yang dapat membandingkan tingkat kehijauan vegetasi pada data citra satelit yang dapat menggambarkan indikator biomassa, tingkat kehijauan relatif, dan untuk menentukan status (kesehatan/kerapatan) vegetasi pada suatu wilayah. Sehingga indeks vegetasi ini dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat keberhasilan pertumbuhan tanaman pada suatu wilayah. Indeks vegetasi NDVI pada citra Sentinel-2 dihitung menggunakan formula sebagai berikut (Lillesand et al., 2015).

$$NDVI = (pnir - pred) / (pnir + pred)$$

Keterangan = pnir (nilai reflektan band NIR)

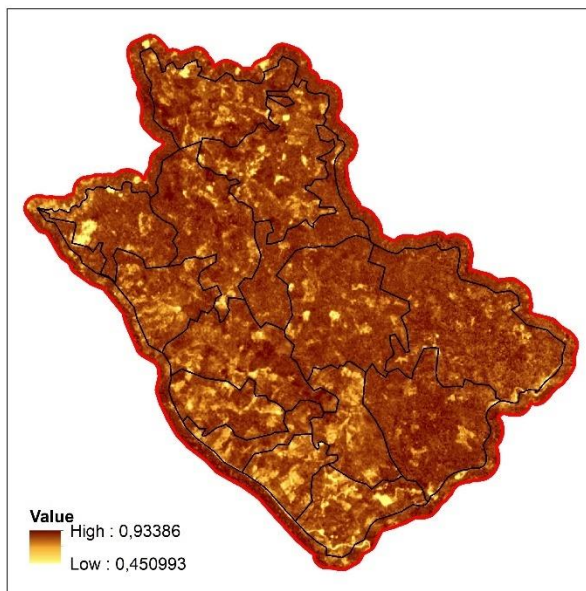
pred (nilai reflektan band RED)

Nilai indeks vegetasi yang dihasilkan dari formulasi NDVI perlu dibuat dalam pembagian klasifikasi untuk mengetahui kondisi vegetasi pada rentang nilai yang ada disajikan pada tabel berikut:

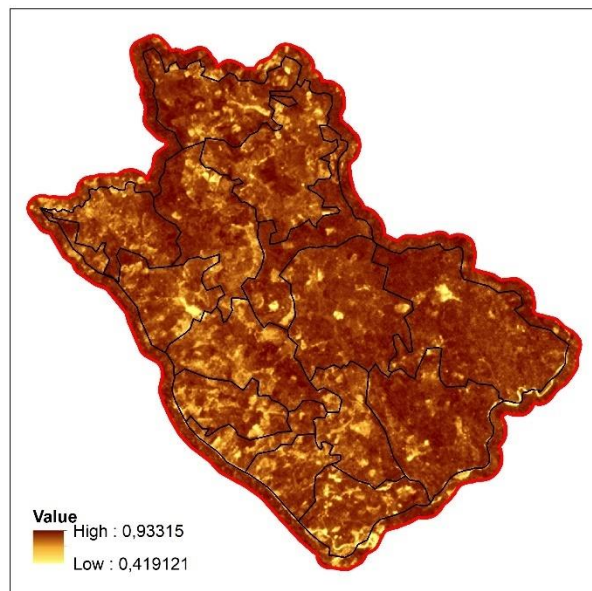
Tabel 2. Hasil perhitungan statistik nilai NDVI

Kelompok Tani Hutan	NDVI 2019				NDVI 2022			
	MIN	MAX	MEAN	STD	MIN	MAX	MEAN	STD
Bumi Mulyo	0.466	0.919	0.850	0.047	0.419	0.925	0.857	0.051
Kuyung Jejer 1	0.710	0.914	0.861	0.029	0.632	0.919	0.857	0.041
Kuyung Jejer 2	0.596	0.906	0.846	0.034	0.568	0.914	0.862	0.034
Mancingan Atas	0.701	0.920	0.858	0.028	0.648	0.925	0.865	0.032
Mandiri Jaya	0.658	0.915	0.863	0.024	0.588	0.922	0.863	0.041
Murah Rezeki 1	0.707	0.922	0.869	0.025	0.539	0.932	0.866	0.034
Murah Rezeki 2	0.642	0.918	0.859	0.032	0.608	0.919	0.860	0.039
Sepakat Sehati	0.625	0.916	0.872	0.023	0.609	0.930	0.883	0.026
Sido Makmur 1	0.451	0.919	0.864	0.032	0.485	0.925	0.871	0.030
Sido Makmur 2	0.568	0.924	0.867	0.030	0.530	0.933	0.876	0.036
Sido Makmur 3	0.658	0.928	0.872	0.025	0.506	0.930	0.872	0.035
Subur Makmur 1	0.601	0.931	0.873	0.020	0.535	0.932	0.886	0.028
Subur Makmur 2	0.629	0.931	0.878	0.021	0.602	0.929	0.885	0.027
Blok Lindung 1	0.690	0.916	0.875	0.016	0.607	0.928	0.883	0.032
Blok Lindung 2	0.616	0.913	0.861	0.039	0.674	0.929	0.871	0.029

NDVI (Juni 2019)



NDVI (Agustus 2022)

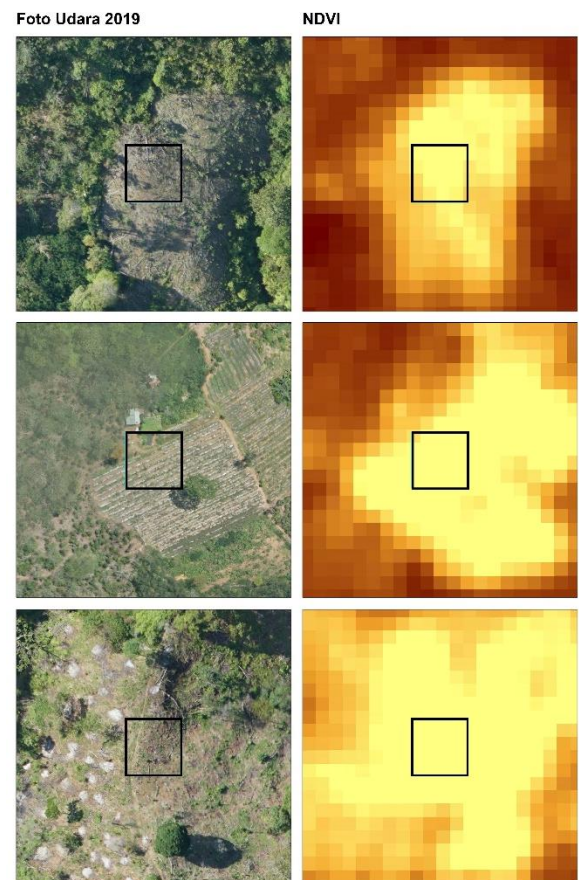


Gambar 3. Penampakan hasil transformasi NDVI dari citra planet

Nilai indeks yang dihasilkan oleh NDVI berkisar dari nilai -1 (bukan vegetasi) sampai 1 (vegetasi). Beberapa hasil penelitian mengungkapkan bahwa nilai indeks NDVI <0.3 dapat menunjukkan kondisi vegetasi yang jarang (rendah) dan nilai >0.6 menunjukkan vegetasi cukup rapat (tinggi) (Dasuka et al., 2016; Zaitunah et al., 2018; Solihin dan Putri, 2021). Namun, dalam hal ini yang perlu diperhatikan adalah adanya perbedaan sumber data citra satelit yang digunakan serta karakteristik lokasi kajian, sehingga perlu dilakukan penyesuaian dengan melakukan kalibrasi data dari nilai indeks NDVI terhadap kondisi lapangan agar sesuai. Kalibrasi data dilakukan untuk menentukan nilai ambang batas NDVI yang akan digunakan, dalam kajian ini proses kalibrasi dilakukan dengan menentukan beberapa sampel lokasi serta melihat kondisi tutupan vegetasi secara visual melalui data foto udara yang kemudian dilakukan penghitungan nilai indeks pada masing-masing lokasi untuk mendapatkan nilai statistik secara keseluruhan data. Penentuan nilai ambang batas pada kajian ini menggunakan nilai tengah dari rata-rata NDVI keseluruhan sampel yang selanjutnya digunakan sebagai nilai ambang batas antara area yang bervegetasi dan tidak bervegetasi. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan sampling NDVI:

Tabel 3. Hasil perhitungan sampling NDVI untuk kalibrasi nilai ambang batas bawah

Sampling	Nilai NDVI			
	Min	Max	Mean	Std Deviasi
1	0.66	0.75	0.70	0.03
2	0.51	0.78	0.60	0.07
3	0.64	0.72	0.68	0.02
4	0.62	0.67	0.64	0.02
5	0.45	0.53	0.47	0.02
6	0.61	0.70	0.65	0.03
7	0.57	0.85	0.76	0.07
8	0.67	0.77	0.72	0.03
9	0.64	0.78	0.69	0.04
10	0.60	0.87	0.73	0.09
11	0.61	0.81	0.69	0.06
12	0.58	0.75	0.66	0.05
13	0.74	0.84	0.78	0.03
14	0.69	0.84	0.75	0.05
15	0.73	0.77	0.75	0.01
16	0.63	0.81	0.71	0.06
17	0.69	0.77	0.72	0.03
18	0.64	0.75	0.68	0.03
19	0.69	0.78	0.72	0.03
20	0.63	0.79	0.69	0.04
Nilai ambang batas NDVI			0.70	



Gambar 4. Penampakan kalibrasi sampel non vegetasi menggunakan foto udara

Tabel 4. Hasil perhitungan sampling NDVI untuk kalibrasi nilai ambang batas atas

Foto Udara 2019		NDVI			
		Nilai NDVI			
Sampling		Min	Max	Mean	Std Deviasi
1		0.87	0.90	0.89	0.006
2		0.86	0.89	0.87	0.009
3		0.87	0.91	0.89	0.008
4		0.87	0.91	0.90	0.010
5		0.89	0.91	0.90	0.006
6		0.88	0.92	0.90	0.010
7		0.85	0.89	0.87	0.010
8		0.88	0.90	0.89	0.008
9		0.86	0.88	0.87	0.005
10		0.87	0.90	0.89	0.007
11		0.87	0.89	0.88	0.004
12		0.86	0.90	0.87	0.009
13		0.87	0.90	0.88	0.008
14		0.87	0.89	0.88	0.006
15		0.88	0.90	0.89	0.006
16		0.87	0.89	0.88	0.007
17		0.87	0.90	0.88	0.008
18		0.86	0.88	0.87	0.007
19		0.89	0.90	0.90	0.003
20		0.88	0.92	0.91	0.013
Nilai ambang batas NDVI		0.89			

Gambar 5. Penampakan kalibrasi sampel vegetasi sangat tinggi menggunakan foto udara

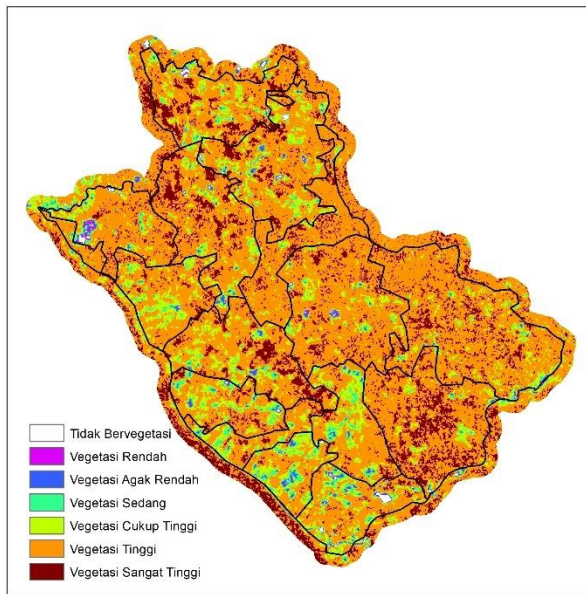
Berdasarkan transformasi dan kalibrasi nilai NDVI menggunakan citra planet dan foto udara pada lokasi kajian didapatkan rentang dengan nilai ambang batas bawah 0.7 dan nilai ambang batas atas 0.89, adapun pembagian nilai kelas indeks NDVI yang digunakan dalam kajian ini untuk menentukan tingkat kerapatan dan kehijauan vegetasi pada wilayah kajian sebagai berikut:

Tabel 6. Rentang nilai indeks vegetasi NDVI

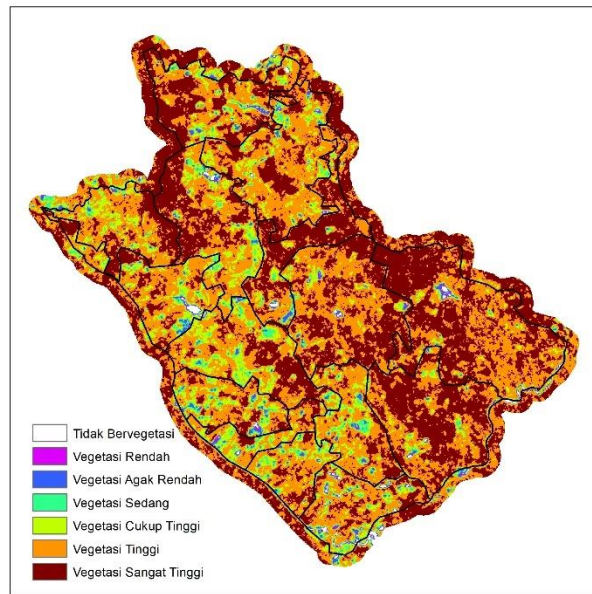
Kode	Nilai Indeks	Kelas	Kalibrasi Data
1	-1 – 0.1	Tidak bervegetasi	< 0,7
2	0.1 – 0.3	Vegetasi rendah	0.7 – 0.738
3	0.3 – 0.5	Vegetasi agak rendah	0,738 – 0.776
4	0.5 – 0.6	Vegetasi sedang	0.776 – 0.814
5	0.6 – 0.7	Vegetasi cukup tinggi	0.814 – 0.852
6	0.7 – 0.9	Vegetasi tinggi	0.852 – 0.89
7	0.9 – 1	Vegetasi sangat tinggi	> 0.89

Sumber: Modifikasi dari (Vision of Technology, 2009; Nursaputra M et al., 2021)

Kelas Vegetasi (Juni 2019)



Kelas Vegetasi (Agustus 2022)



Gambar 6. Penampakan hasil reklasifikasi nilai NDVI

Hasil

Kegiatan penanaman pada areal kerja Gapoktanhut Lestari Sejahtera yang telah dilakukan sejak tahun 2020, pada luasan area sebesar 764.61 ha yang tersebar pada 13 KTH (tidak termasuk didalamnya area blok lindung). Kondisi vegetasi pada masing-masing KTH dapat diamati melalui pemanfaatan citra atau foto udara yang banyak berkembang untuk menilai kesehatan vegetasi di suatu wilayah, melalui analisis vegetasi yang memanfaatkan formula-formula matematis dalam menilai panjang gelombang elektromagnetik dari setiap kanal yang disajikan oleh citra atau foto udara. Setelah pengolahan data citra planet dan perhitungan nilai NDVI, diperoleh informasi nilai NDVI pada areal kerja Gapoktanhut Lestari Sejahtera. Dari nilai indeks vegetasi ini dapat diketahui kondisi tutupan vegetasi dari setiap KTH dan menghitung indikasi perubahan yang terjadi dalam setiap tahunnya yaitu pada tahun sebelum pelaksanaan dan setelah penanaman pada tabel berikut:

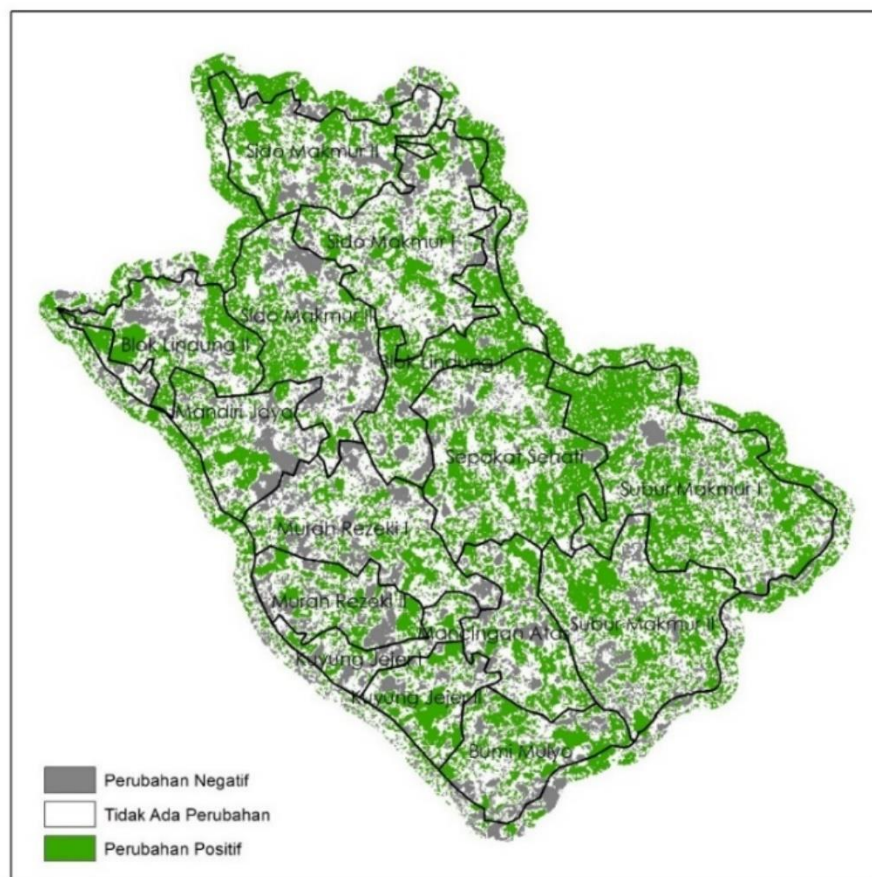
Tabel 7. Hasil perhitungan persentase luas terhadap kelas vegetasi berdasarkan perubahan nilai NDVI dari tahun 2019 ke tahun 2022

Kelompok Tani Hutan	Persentase Perubahan Kelas Vegetasi		
	Negatif*	Tetap**	Positif***
Bumi Mulyo	20%	42%	38%
Kuyung Jejer 1	25%	49%	27%
Kuyung Jejer 2	16%	41%	43%
Mancingan Atas	18%	46%	36%

Mandiri Jaya	23%	44%	33%
Murah Rezeki 1	26%	49%	25%
Murah Rezeki 2	26%	41%	33%
Sepakat Sehati	10%	45%	45%
Sido Makmur 1	16%	52%	31%
Sido Makmur 2	15%	46%	39%
Sido Makmur 3	21%	46%	33%
Subur Makmur 1	9%	40%	51%
Subur Makmur I2	15%	43%	42%
Blok Lindung 1	12%	38%	50%
Blok Lindung 2	18%	43%	38%

*Perubahan negatif yaitu menurunnya persentase luas area pada kelas vegetasi berdasarkan perhitungan nilai NDVI dari tahun 2019 ke tahun 2022, *Tetap artinya tidak terjadi perubahan dari tahun sebelumnya, ***Perubahan positif atau kebalikan dari perubahan negatif

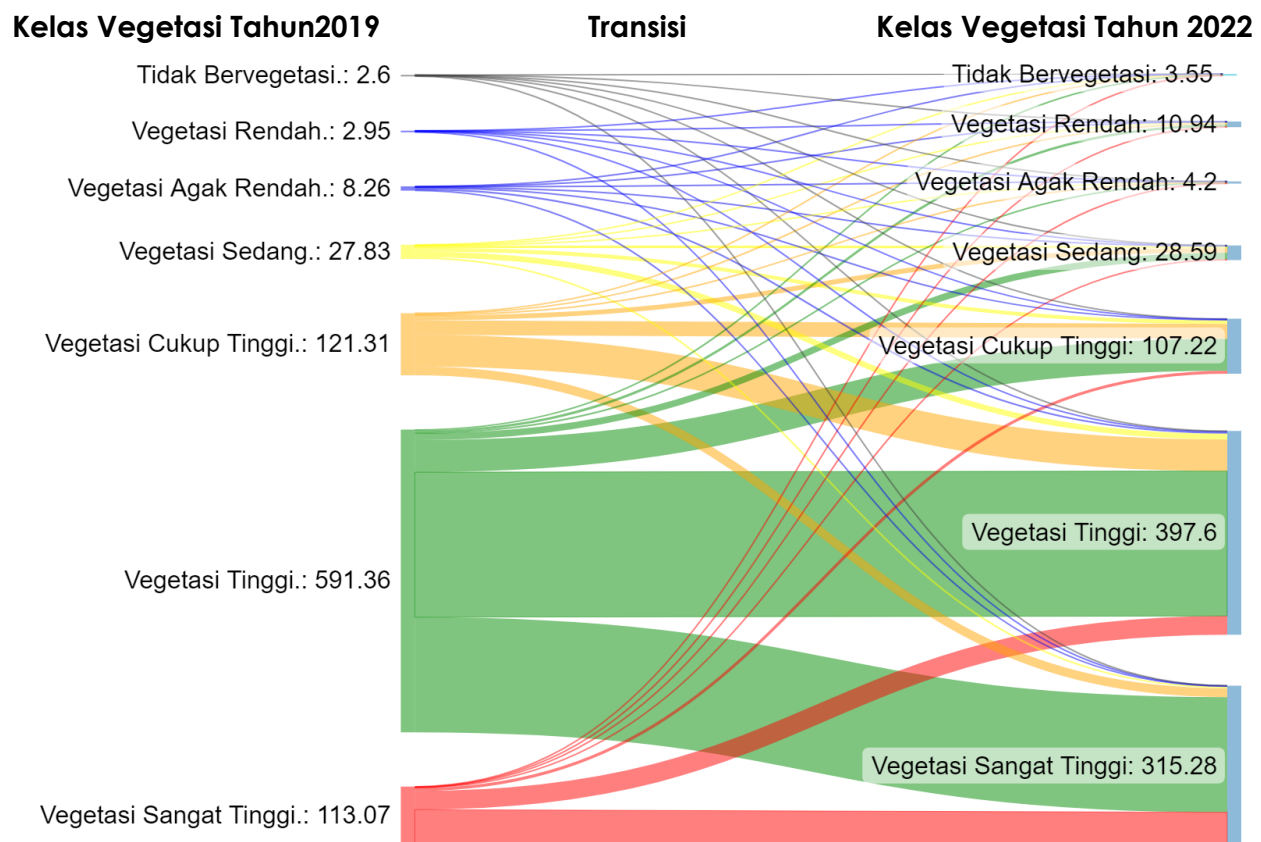
Indikatif Perubahan Kelas Vegetasi (2019 - 2022)



Gambar 7. Penampakan hasil analisis perubahan vegetasi dari tahun 2019 ke tahun 2022

Perubahan negatif tertinggi yaitu sebesar 26% terjadi di KTH Murah Rezeki 1 dan 2. Perubahan tersebut yaitu berkurangnya secara persentase luas area atau juga menurunnya nilai indeks NDVI pada tahun 2022 jika dibandingkan dengan tahun 2019, hal tersebut diduga terjadi karena adanya perlakuan petani terhadap kondisi lahan seperti kegiatan perawatan kebun/pemangkasan tanaman, pembabatan belukar dll, namun selain itu juga bisa disebabkan oleh faktor perubahan alami seperti perubahan musim dan cuaca yang sangat berpengaruh juga terhadap kondisi vegetasi yang ada. Sedangkan perubahan positif tertinggi yaitu sebesar 51% terjadi di KTH Subur Makmur 1, Perubahan tersebut yaitu bertambahnya secara persentase luas area atau juga meningkatnya nilai indeks NDVI pada tahun 2022 jika dibandingkan dengan tahun 2019 hal tersebut diduga terjadi perubahan secara alami atau juga tidak adanya perlakuan pada lahan petani. Asumsi tersebut diperkuat oleh perubahan yang terjadi pada areal blok lindung 1 yaitu sebesar 50%, hal itu terjadi dikarenakan memang area tersebut tidak dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai lahan kebun sehingga terjadinya perubahan positif yang secara alami tanpa perlakuan manusia.

Secara keseluruhan indikatif perubahan kelas vegetasi yang terjadi areal Gapoktanhut Lestari Sejahtera dapat dilihat pada penampakan grafik berikut:



Made with SankeyMATIC

Gambar 7. Grafik transisi perubahan kelas vegetasi dari tahun 2019 ke tahun 2022

Hasil kajian ini dapat menggambarkan bahwa penggunaan citra atau foto udara yang diperoleh dari kegiatan penginderaan jauh saat ini dapat memonitor kondisi lingkungan disuatu wilayah secara temporal, akurat dan luasnya langsung diketahui. Beratnya kegiatan pemantauan lapangan dan permasalahan ketersediaan waktu dan SDM, yang merupakan salah satu kendala selama ini oleh berbagai instansi dalam menyediakan data dan informasi terkait keanekaragaman hayati dan keberhasilan kegiatan penanaman dapat terbantuan.

Analisis indeks vegetasi dapat memberikan gambaran terkait kondisi lingkungan di areal kerja seperti hutan kemasyarakatan, dimana melalui informasi indeks vegetasi tersebut dapat diperoleh kondisi tingkat kerapatan hutan yang masih ada saat ini yang menjadi habitat bagi flora dan fauna dan juga melalui indeks vegetasi tersebut dapat diketahui tingkat keberhasilan kegiatan penanaman yang dilakukan saat ini dari tahun ke tahun terkait kondisi areal yang sudah bervegetasi atau belum bervegetasi. Sehingga pendekatan ini juga dapat digunakan kedepannya untuk mengukur suksesi pada areal penanaman dengan membandingkan hasil pengukuran lapangan pada plot-plot pemantauan yang ditetapkan.

Kesimpulan

Kajian ini memberikan gambaran bahwa teknologi penginderaan jauh yang dipadukan dengan analisis geospasial dapat menggambarkan kondisi vegetasi di areal hutan kemasyarakatan, sehingga dari gambaran tersebut dapat diukur tingkat dinamika pengelolaan hutan dari tahun ke tahun. Melalui analisis indeks vegetasi NDVI, diketahui bahwa secara keseluruhan tingkat persentase perubahan vegetasi yaitu 17% perubahan negatif, 44% tidak ada perubahan dan 37% perubahan positif dari total areal kerja di Gapoktanhut Lestari Sejahtera, yang mana kondisi ini secara konteks dapat memberikan gambaran secara data spasial bagaimana pemegang izin dalam mengelola area kerja dan melaksanakan kewajibannya terkait kegiatan penanaman, pemeliharaan, serta mempertahankan fungsi dan perlindungan hutan. Pemanfaatan produk penginderaan jauh seperti citra satelit planet yang dapat diakses secara gratis dapat dijadikan data oleh berbagai instansi dalam menganalisis wilayah kerja secara cepat dan tepat. Kedepannya perlu dilakukan pengkajian lebih mendalam terkait pemanfaatan metode ini dalam hal pemanfaatan teknologi terkait pemantauan ataupun penilaian suatu wilayah guna mendapatkan data dan informasi yang lebih komprehensif

Referensi

1. PERMENLHK No 83 Tentang Perhutanan Sosial.pdf [Internet]. [diunduh 2023 Jun18]. Tersedia pada <https://ksdae.menlhk.go.id/assets/news/peraturan/PERMENLHK-No-83-Tentang-Perhutanan-Sosial.pdf>
2. Nursaputra M, Larekeng SH, Nasri, Hamzah AS, Mustari AS, Arif AR, Ambodo AP, Lawang Y, Ardiansyah A. 2021. Pemanfaatan penginderaan jauh dalam penilaian keberhasilan reklamasi di lahan pasca tambang PT Vale Indonesia. JPSL 11(1): 39-48. <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.11.1.39-48>.
3. Shofiyanti R. 2011. Teknologi pesawat tanpa awak untuk pemetaan dan pemantauan tanaman dan lahan pertanian. J Inform Pertan. 20(2): 58-64.
4. Widiyatmoko R, Wasis B, Prasetyo LB. 2017. Analisis pertumbuhan tanaman revegetasi di lahan bekasTambang Silika Holcim Educational Forest (Hef) Cibadak, Sukabumi. J Pengelolaan Sumberd Alam dan Lingkungan (Journal Nat Resour Environ Manag). 7(1): 79-88.
5. Karan SK, Samadder SR, Maiti SK. 2016. Assessment of the capability of remote sensing and GIS techniques for monitoring reclamation success in coal mine degraded lands. J Environ Manage. 182: 272-283. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.070>.
6. Program NICFI - Pencitraan dan Pemantauan Satelit | Planet. https://assets.planet.com/docs/NICFI_User_Guide_v2_ID.pdf [Internet]. [diunduh 2023 Jun18].
7. Abdollahnejad A, Panagiotidis D, Bilek L. 2019. An integrated GIS and remote sensing approach for monitoring harvested areas from very high-resolution, low-cost satellite images. Remote Sens. 11: 1-18.
8. Nguyen HH, Nghia NH, Nguyen HTT, Le AT, Tran LTN, Duong LVK, Bohm S, Furniss MJ. 2020. Classification methods for mapping mangrove extents and drivers of change in Thanh Hoa Province, Vietnam during 2005-2018. For Soc. 4(1): 225-242.
9. Huete AR, Liu HQ, Batchily K, Leeuwen WV. 1997. A Comparison of vegetation indices over a Global Set of TM Images for EOS-MODIS. Remote Sens Environ. 59: 440-451.
10. Lufilah SN, Makalew AD, Sulistyantara B. 2017. Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk analisis indeks vegetasi di DKI Jakarta. J Lanskap Indones. 9(1): 73-80.
11. Lillesand TM, Kiefer WR, Chipman JW. 2015. Remote Sensing and Image Interpretation. New York (US): John Wiley & Sons Inc.
12. Dasuka YP, Sasmito B, Hani'ah. 2016. Analisis sebaran jenis vegetasi hutan alami menggunakan system penginderaan jauh (studi kasus: Jalur Pendakian Wekas dan Selo). J Geod Undip. 5(2): 1-8.
13. Zaitunah A, Samsuri S, Ahmad AG, Safitri RA. 2018. Normalized difference vegetation index (ndvi) analysis for land cover types using landsat 8 oli in besitang watershed, Indonesia. IOP Conf Series: Earth and Environmental Science. 126: 1-9.
14. Solihin MA, Putri N. 2021. Keragaman penggunaan lahan eksisting di hulu Sub DAS Cikapundung berdasarkan indeks vegetasi dan temperatur permukaan lahan. J Agrikultura. 31(3): 251-262.
15. Vision of Technology. 2009. Indicator: NDVI – Vegetation health dan density [Internet]. [diunduh 2022 Jun18]. Tersedia pada: <http://endeleo.vgt.vito.be/dataproducts.html#ndvi>.