

PEMANFAATAN CITRA SENTINEL-2A MULTI TEMPORAL UNTUK MONITORING PERUBAHAN KANOPI HUTAN KECAMATAN BELINYU KABUPATEN BANGKA MENGGUNAKAN ANALISIS FOREST CANOPY DENSITY

Utilization Of Sentinel-2a Multi Temporal Imagery For Monitoring Changes In The Forest Canopy Of Belinyu District, Bangka District Using Forest Canopy Density Analysis

Syahrial Fahmi, Lili Somantri, dan Riki Ridwana

Sains Informasi Geografi Universitas Pendidikan Indonesia

Jl. Dr. Setiabudi No.299, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40154

ABSTRACT. *Belinyu District is the largest tin-producing district in Bangka Regency. This then makes mining in Belinyu District grow uncontrollably and monitoring of the environment is not visible so that the environmental impact of tin mining results in changes in the conversion of forest land which has a major impact on the emergence of critical land. In fact, according to BPS Bangka Belitung in 2016 overall forest damage in Bangka Belitung resulting from tin mining activities amounted to 90 thousand hectares. This study aims to analyze changes in forest canopy density in Belinyu District based on remote sensing methods, namely forest canopy density on Sentinel-2A imagery with multi-time analysis in 2016 and 2022. The aim of the next research is to analyze the results of the accuracy of forest canopy density from data Sentinel-2A imagery using Forest Canopy Density. Changes in the forest canopy during 2016 and 2022 show changes in forest canopy density that are the most extensive in the low density class of 1-10%, decreasing from 14768.1 Ha to 1561.54 Ha, that is, 13206.56 Ha. Meanwhile, based on FCD processing, the results of the analysis of forest canopy density in Belinyu District using Sentinel-2A in 2022 have an accuracy of 86%.*

Keywords: *Remote Sensing; Forest Canopy Density; Sentinel-2A*

ABSTRAK. Kecamatan Belinyu merupakan kecamatan penghasil timah terbesar di Kabupaten Bangka. Hal ini kemudian menjadikan pertambangan di Kecamatan Belinyu tumbuh tanpa terkendali dan pengawasan terhadap lingkungan tidak terlihat sehingga dampak lingkungan dari penambangan timah mengakibatkan perubahan alih fungsi lahan hutan yang sangat berdampak terhadap munculnya lahan kritis. Bahkan menurut BPS Bangka Belitung tahun 2016 kerusakan hutan secara keseluruhan di Bangka Belitung yang diakibatkan dari aktivitas penambangan timah sebesar 90 ribu hektar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan kerapatan kanopi hutan di Kecamatan Belinyu berdasarkan metode penginderaan jauh yaitu *forest canopy density* pada citra Sentinel-2A dengan analisis multiwaktu pada tahun 2016 dan 2022. Tujuan penelitian berikutnya adalah menganalisis hasil akurasi kerapatan kanopi hutan dari data citra sentinel 2A menggunakan Forest Canopy Density. Perubahan kanopi hutan selama tahun 2016 dan 2022 menunjukkan perubahan kerapatan kanopi hutan yang paling luas pada kelas kerapatan rendah 1-10% menurun dari 14768.1 Ha menjadi 1561.54 Ha yaitu, sebesar 13206.56 Ha. Sedangkan berdasarkan pengolahan FCD untuk hasil analisis kerapatan kanopi hutan di Kecamatan Belinyu menggunakan Sentinel-2A tahun 2022 memiliki akurasi 86%.

Kata Kunci: Penginderaan Jauh; *Forest Canopy Density*; Sentinel-2A

Penulis untuk korespondensi, surel: syahrialfahmi@upi.edu

PENDAHULUAN

Hutan mempunyai banyak fungsi dan mempunyai peran penting dalam menjaga ekosistem bumi. Fungsi hutan dapat terganggu apabila terjadi kerusakan hutan, seperti yang diakibatkan oleh terjadinya

kebakaran hutan, penebangan yang berlebihan dan alih fungsi lahan. Salah satu indikasi terjadinya kerusakan hutan adalah berubahnya luas area hutan. Perubahan luas hutan tentu saja berpengaruh pada perubahan luas kerapatan kanopi hutan. Kerapatan kanopi hutan yang dimaksud mengacu pada proporsi dari area yang

tertutup oleh mahkota pohon Perubahan luas hutan di Indonesia sering terjadi akibat adanya perubahan alih fungsi lahan. Salah satunya adalah adanya eksplorasi tambang seperti yang terjadi di Kecamatan Belinyu, Kabupaten Bangka.

Kabupaten Bangka merupakan salah satu kabupaten penghasil timah terbesar di Indonesia. Khususnya di Kecamatan Belinyu menghasilkan logam timah terbanyak di Kabupaten Bangka sekitar 1,95 juta metrik ton timah pada tahun 2016. Hal ini berdampak positif terhadap perekonomian masyarakat Kabupaten Bangka, Khususnya masyarakat Kecamatan Belinyu. Namun, dampak negatif yang diakibatkan dari kegiatan eksplorasi logam timah yang besarnya ini terhadap lingkungan fisik berupa bertambahnya lahan kritis akibat berkurangnya hutan dan rusaknya lahan.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Provinsi Kepulauan Bangka Belitung (2016), data kerusakan hutan yang diakibatkan dari aktivitas penambangan timah di Bangka Belitung sebesar 90 ribu hektar. Kerusakan di wilayah ini terus berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan kemampuan untuk merehabilitasi. Mengingat hutan memiliki fungsi yang sangat penting, maka diperlukan pengelolaan hutan yang optimal agar kerusakan dan berkurangnya luas hutan dapat diminimalisir. Salah satu upaya untuk mengembalikan fungsi dan manfaat hutan adalah mengetahui kerusakan hutan sehingga didapatkan lahan yang berpotensi untuk rehabilitasi dari kerusakan yang ada.

Perkembangan teknologi yang pesat menjadikan penginderaan jauh sebagai teknologi informasi dan teknologi digital tepat guna. Hal ini tentunya juga berdampak pada bidang analisis digital yang mendorong munculnya teknik dan model untuk pengolahan data inderaja. Salah satu metode pengolahan citra satelit yang bisa diaplikasikan untuk inventarisasi hutan termasuk mengestimasi jumlah kerapatan kanopi pohon adalah model *Forest Canopy Density* (FCD). *Forest Canopy Index* atau *Forest Canopy Density* (FCD) merupakan metode perhitungan yang digunakan untuk menghitung kerapatan tutupan vegetasi dengan cara menggunakan dan mengintegrasikan indeks yang berkaitan dengan indeks tutupan vegetasi hutan. Metode FCD juga bermanfaat untuk penerapan MRV (monitoring, reporting, and verification) dalam skema REDD+

(Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation) (Nugrahadi, 2014).

Keunggulan dari model FCD adalah perhitungan mengenai kerapatan kanopi hutan tidak hanya mempertimbangkan faktor vegetasinya saja. Temperatur dan tanah terbuka yang berkorelasi negatif terhadap vegetasi juga turut dipertimbangkan, begitu pula dengan bayangan yang memiliki korelasi negatif terhadap vegetasi. Model FCD memanfaatkan kepadatan tutupan hutan sebagai parameter penting untuk karakterisasi kondisi hutan. Model ini sangat mungkin digunakan untuk mengamati perubahan kondisi hutan dari waktu ke waktu termasuk degradasi hutan. Selain itu, pemanfaatan model ini juga menunjukkan tingkat degradasi dan juga menunjukkan tingkat intensitas dari perawatan rehabilitasi yang mungkin diperlukan. Hal ini tentu saja menjadikan FCD sebagai model yang baik untuk menganalisis kerapatan kanopi hutan yang mengalami perubahan setelah terjadinya penambangan timah. Menurut Azizi (2008), untuk pengelolaan hutan yang lebih baik, perubahan kepadatan harus dipertimbangkan. Forest canopy density (FCD) merupakan salah satu variabel yang paling berguna sebagai dasar perencanaan dan pelaksanaan program rehabilitasi.

Dalam menganalisis kerapatan kanopi hutan menggunakan FCD, banyak citra yang dapat digunakan menjadi bahan utama dalam penelitian. Terdapat berbagai jenis satelit yang sering digunakan oleh berbagai penelitian sebelumnya misalnya menggunakan satelit Sentinel (Cai et al. 2019), Landsat (Chong et al. 2020), PALSAR (Torbick et al. 2017). Salah satunya adalah citra Sentinel-2A yang memiliki resolusi tinggi dan band merah dan biru yang sangat cocok dalam penelitian menggunakan metode FCD (Prodromou, Maria et al. 2022).

Terdapat sejumlah penelitian-penelitian terdahulu yang memanfaatkan citra sentinel-2A dan metode forest canopy density untuk menganalisis perubahan kanopi hutan. Baik dengan menggunakan metode forest canopy density, maupun kombinasi antara metode lainnya dengan penginderaan jauh. Untuk analisis forest canopy density menggunakan citra penginderaan jauh sudah diimplementasikan oleh S.Himayah (2016), dan R. Triyani (2019). Sementara, untuk analisis kerapatan kanopi dengan kombinasi citra sentinel-2A dengan metode

lainnya sudah diimplementasikan oleh Innadya, Ayu et al (2022) dan Fahreza, FD et al. (2022)

Penelitian ini dilakukan pada wilayah Kecamatan Belinyu yang merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Bangka. Sebagian besar penggunaan lahan di Kecamatan Belinyu telah mengalami alih fungsi lahan tanpa terkendali menjadi kawasan pertambangan dan perkebunan kelapa sawit. Adanya perubahan alih fungsi lahan akan berdampak terhadap munculnya lahan kritis.

Dengan melihat kelebihan yang ditawarkan dalam metode FCD dan analisis spasial diatas sebelumnya, maka dilakukan penelitian guna memberi penjelasan terkait perubahan kerapatan kanopi dan daerah prioritas rehabilitasi hutan lahan kritis di Kecamatan Belinyu Kabupaten Bangka. Dengan menggunakan penginderaan jauh (berupa Sentinel-2A) dapat dijadikan sebuah sumber utama data bagaimana pengelolaan dan perencanaan hutan dan lahan Kecamatan Belinyu. Maka dari itu judul yang penulis buat yaitu "Pemanfaatan Citra Sentinel-2A Multi Temporal Untuk Monitoring Perubahan Kanopi Hutan Kecamatan Belinyu Kabupaten Bangka Menggunakan Analisis Forest Canopy Density"

Adapun tujuan dari adanya penelitian ini untuk: (1) Untuk menganalisis perubahan kerapatan kanopi hutan di tahun 2016 dan 2022 di Kecamatan Belinyu, dan (2) Untuk menganalisis kesesuaian hasil uji tingkat keakuratan antara klasifikasi indeks kerapatan kanopi pengelolaan FCD dengan hasil ground check di lapangan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Agustus tahun 2022 – bulan Januari tahun 2023. Lokasi penelitian diwilayah Kecamatan Belinyu, Kabupaten Bangka. Alat yang digunakan yaitu Software Canopy Cover, ArcMap 10.8, Envi 5.3, dan Laptop. Bahan yang digunakan yaitu Citra Satelit Sentinel 2A perekaman tahun 2016 dan 2022. Desain penelitian ini menggunakan metode Forest Canopy Density. Pemodelan FCD menggunakan tiga buah indeks yaitu Indeks Vegetasi AVI, Indeks SAVI, dan Indeks SVI. Ketiga indeks tersebut diolah menggunakan software ENVI untuk

kemudian menghasilkan kerapatan kanopi hutan dalam satuan persen (%). Hasil FCD mempunyai hubungan erat antara kondisi hutan dan indeks yang berhubungan dengan tutupan vegetasi hutan yaitu indeks vegetasi atau Advanced Vegetation Index (AVI), indeks vegetasi yang peka terhadap tanah atau Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), indeks kepekaan bayangan terhadap suhu vegetasi atau Shady Vegetation Index (SVI) (A. I. Fauzi, 2015). Berikut indeks FCD yang digunakan.

Advanced Vegetation Index

Indeks ini digunakan untuk mengukur vegetasi hijau. Di bidang penginderaan jauh, vegetasi yang sehat ditandai dengan penyerapan yang tinggi dan reflektansi yang rendah di daerah tampak. Di sisi lain, mereka akan memiliki penyerapan rendah dan pantulan tinggi dalam panjang gelombang inframerah dekat. AVI dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$AVI = (B8 * (1 - B4) * (B8 - B4))^{1/3} \dots\dots\dots (1)$$

Semakin tinggi nilai AVI maka menandakan wilayah tersebut merupakan objek vegetasi dan ditandai dengan rona yang cerah. Nilai AVI yang tinggi menandakan nilai FCD yang tinggi. Sedangkan Semakin rendah nilai AVI maka menandakan bahwa wilayah tersebut adalah objek tanpa vegetasi/tanah terbuka dan ditandai dengan rona yang gelap.

Soil Adjusted Vegetation Index

Indeks ini bisa digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan antara vegetasi pertanian dan non pertanian seperti hutan. Indeks SAVI merupakan indeks vegetasi tanah yang disesuaikan. SAVI mirip dengan indeks vegetasi NDVI, namun pada indeks SAVI lebih menekankan pada efek piksel tanah. SAVI bertujuan untuk meminimalisir kesalahan dari variasi warna tanah dengan melibatkan faktor koreksi L pada persamaan umum NDVI. Faktor koreksi L bervariasi tergantung dari karakteristik reflektansi dari tutupan vegetasi. Transformasi indeks vegetasi SAVI dikembangkan untuk meminimalkan pengaruh tanah pada spektral kanopi dengan memasukkan faktor penyesuaian tanah (L) ke dalam persamaan indeks vegetasi (Marzukhi et al., 2016). Untuk daerah dengan tingkat densitas vegetasi yang sangat rendah, dipilih nilai faktor

koreksi L sebesar 1. Untuk daerah dengan tingkat densitas vegetasi yang sangat tinggi, dipilih nilai faktor koreksi L sebesar 0.25. Faktor koreksi L sebesar 0.5 paling banyak digunakan karena dapat mengakomodasi daerah vegetasi rendah dan tinggi (Huete, 1988). SAVI dihitung menggunakan Persamaan 2.

$$SAVI = (B8 - B4) / (B8 + B4 + 0.428) * (1.428) \quad \text{..... (2)}$$

Shady Vegetation Index

Indeks bayangan (Shady Vegetation Index) digunakan untuk memperoleh karakteristik dari bayangan dengan memanfaatkan informasi spektral dari hasil bayangan hutan dan informasi nilai temperatur pada hutan yang dipengaruhi oleh bayangan.). SVI dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$SVI = (1 / B4) \quad \text{..... (3)}$$

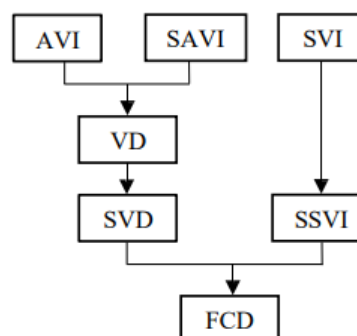
Scale Vegetation Density

Kepadatan vegetasi merupakan langkah untuk mensintesis hasil indeks vegetasi dan hasil indeks tanah terbuka. Pengolahan dilakukan menggunakan principal component analysis (PCA) karena pada dasarnya hasil indeks vegetasi dan hasil indeks tanah terbuka memiliki korelasi negatif. Setelah itu dilakukan penskalaan nilai indeks dari nol persen ke seratus persen sehingga menghasilkan nilai indeks scaled vegetation density (SVD).

Forest Canopy Density

Indeks kepadatan tutupan hutan diperoleh dengan cara mengintegrasikan nilai kepadatan vegetasi dengan nilai kepadatan bayangan melalui nilai SVD dan juga SSI atau SVI. Nilai SVD dan SSI atau SVI kemudian dilakukan normalisasi atau rescale sehingga bernilai (1-100). SVI dihitung menggunakan Persamaan 4.

$$FCD = (SVD * SVI + 1) * 0.5 - 1 \quad \text{..... (4)}$$



Gambar 1. Metodologi FCD Rikimaru Kondisi Pertama

Tahapan dalam penelitian terbagi dalam lima tahap, yaitu:

1. Persiapan berupa persiapan yang matang agar saat pelaksanaan, kendala atau hambatan dapat diminimalisir. Persiapan tersebut meliputi data dan bahan yang diperlukan saat penelitian.
2. Pengumpulan data berupa studi Pustaka mengenai Citra Sentinel-2A dan Forest Canopy Density untuk analisis perubahan kerapatan kanopi pada wilayah kajian.
3. Pengolahan data analisis kerapatan kanopi pohon dengan metode FCD melalui software ENVI 5.3 dan layout peta kerapatan kanopi melalui software ArcGIS 10.8.
4. Analisis Data dilakukan dengan mengamati klasifikasi hasil FCD di Kecamatan Belinyu, seperti menganalisis kerapatan kanopi berdasarkan dengan nilai kerapatannya, terdapat 10 nilai kerapatan yang diperoleh dalam klasifikasi FCD yakni nilai 1-10%, 11-20%, 21-30%, 31-40%, 41-50%, 51-60%, 61-70%, 71-80%, 81-90% dan >90% (ITTO/JOFCA.2003). Selanjut diambil 5 titik sampel pada masing-masing nilai kerapatan.
5. Survei lapangan atau ground checking sebagai upaya diuji keakuratannya setelah diberi titik sampel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemetaan Perubahan Kanopi Menggunakan Forest Canopy Density Advanced Vegetation Index

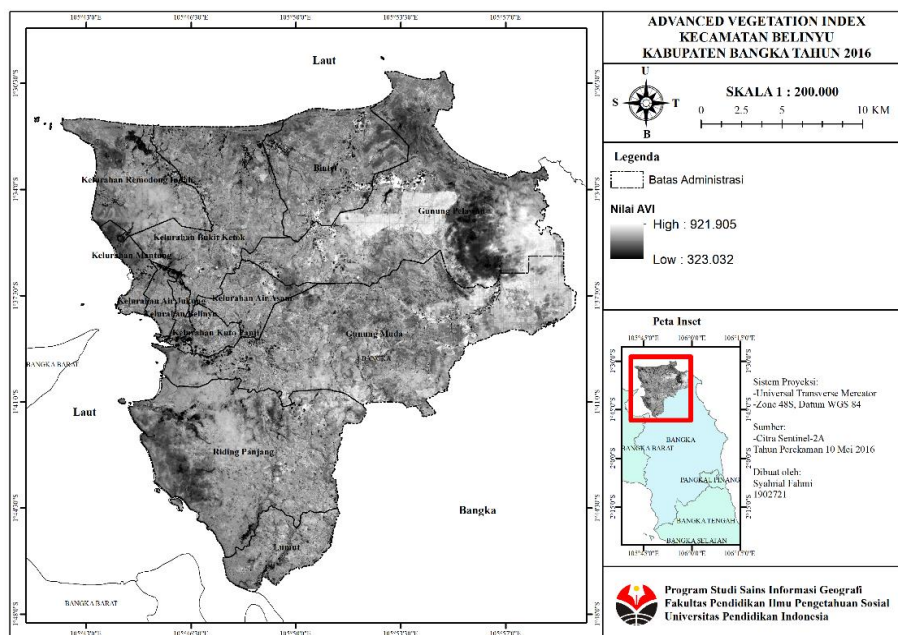
Ketidakmampuan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dalam memperoleh perbedaan dalam kepadatan hutan mendorong dikembangkannya suatu indeks baru untuk meningkatkan respon terhadap band inframerah yaitu Advanced Vegetation

Index (AVI). Indeks ini dinilai lebih sensitif terhadap kepadatan hutan dan kelas-kelas vegetasi. Berikut hasil pengolahan indeks nilai AVI tahun 2016 dan 2022 disajikan pada Tabel 1.

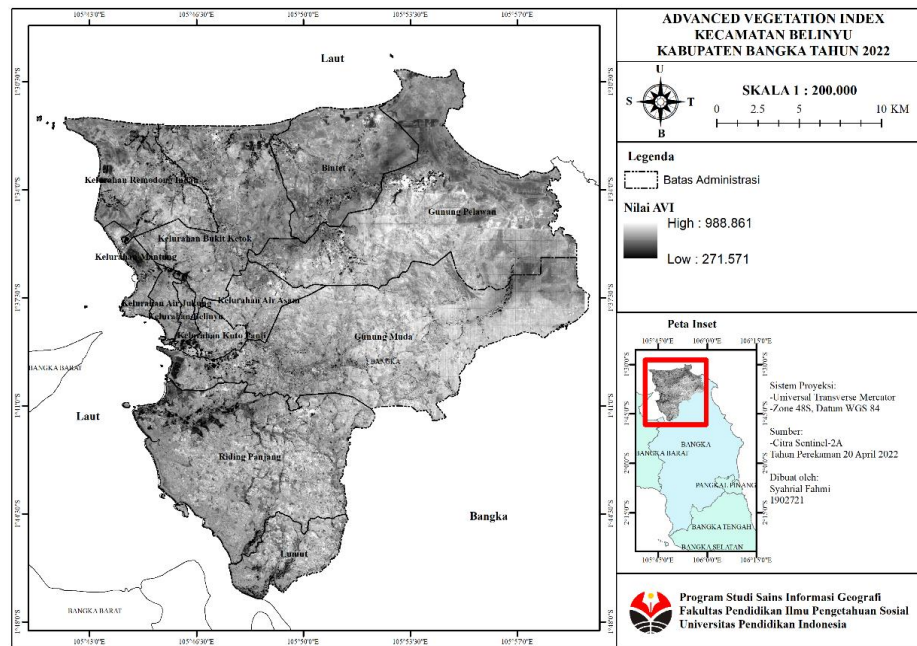
Berikut hasil visualisasi pengolahan indeks SVI tahun 2016 dan 2022 disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Tabel 1. Hasil Pengolahan Indeks AVI

Rentang Nilai AVI		
Tahun	Min	Max
2016	323.032	921.90
2022	271.57	988.86



Gambar 2. Hasil Pengolahan AVI Tahun 2016



Gambar 3. Hasil Pengolahan AVI Tahun 2022

Soil Adjusted Vegetation Index

Analisis indeks vegetasi menggunakan algoritma SAVI dilakukan untuk mengetahui pola indeks vegetasi. Nilai indeks SAVI Kecamatan Belinyu memiliki rentang nilai minimal antara -1 sampai nilai maksimal 1. Perbedaan nilai statistik SAVI ditunjukkan

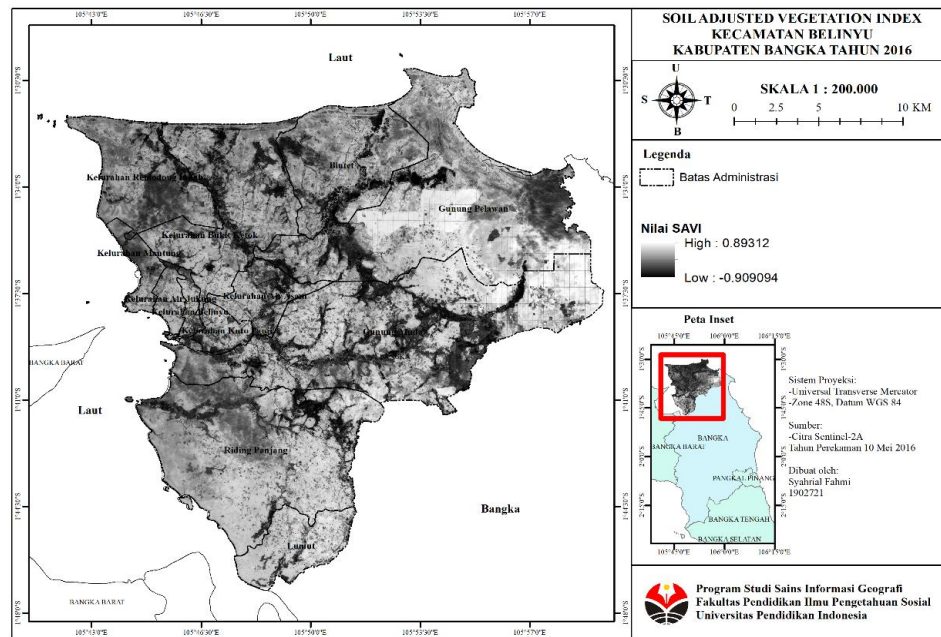
pada Tabel 2. Secara visual hasil pengolahan SAVI sulit untuk diketahui perbedaannya gambar karena range nilai dari kedua tahun memiliki perbedaan yang kecil. Berikut hasil pengolahan indeks nilai SAVI tahun 2016 dan 2022 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengolahan Indeks SAVI

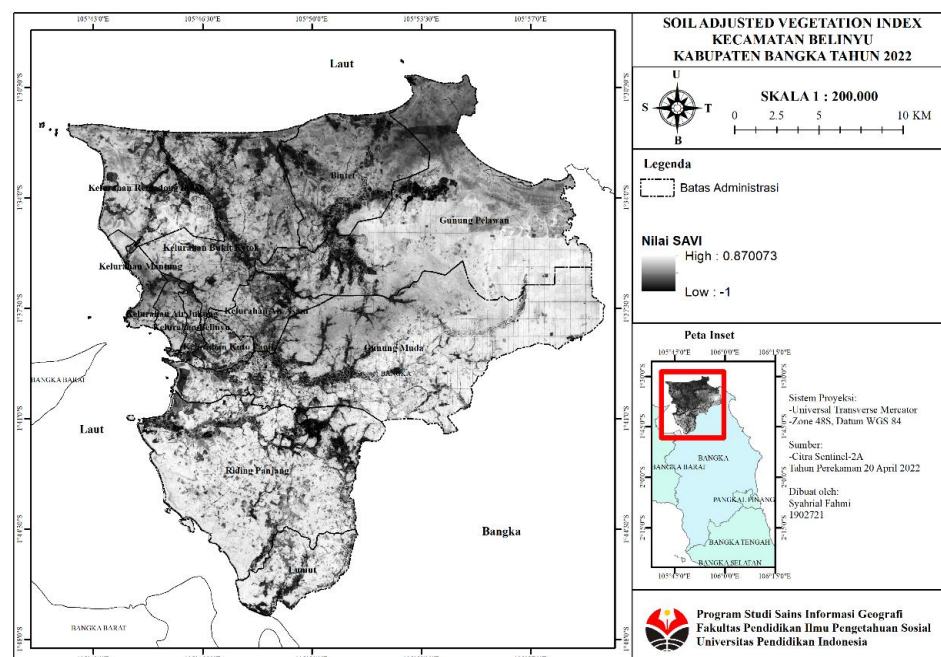
Rentang Nilai SAVI		
Tahun	Min	Max
2016	-0.892	0.888
2022	-1	0.84

Perbedaan nilai pada Tabel 2 membuktikan bahwa terjadi penurunan tutupan vegetasi pada tahun 2022 dan area yang tidak memiliki vegetasi semakin luas. Tetapi SAVI hanya mampu menunjukkan nilai optimal dengan area yang tidak terhalangi oleh bayangan. Oleh karena itu, kekurangan SAVI ialah area yang terdapat

bayangan dari topografi sekitarnya sehingga akan menunjukkan kondisi nilai yang lebih rendah walaupun area tersebut merupakan area dengan vegetasi tinggi. Berikut Gambaran spasial mengenai informasi indeks SAVI di wilayah penelitian untuk tahun 2016 dan 2022 dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Hasil Pengolahan SAVI Tahun 2016

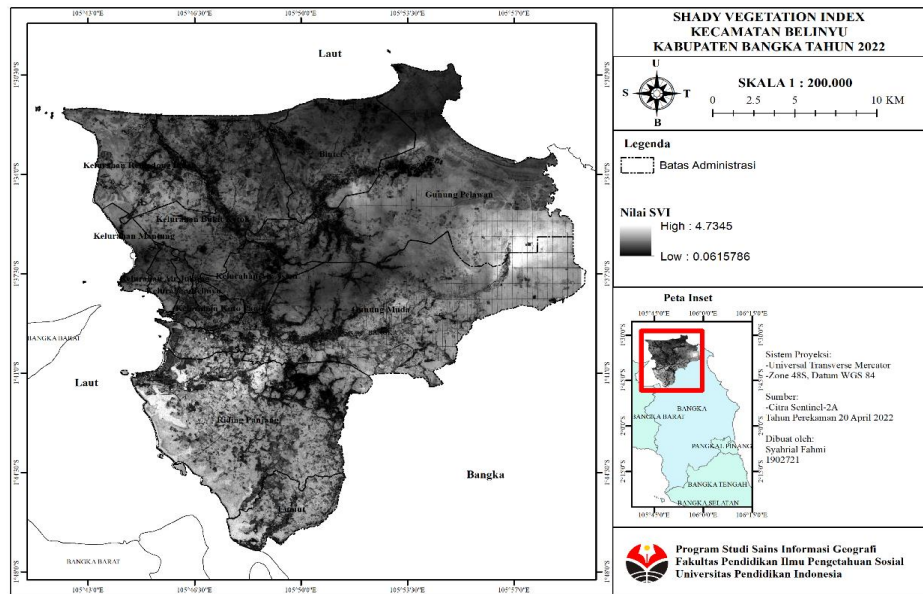


Gambar 5. Hasil Pengolahan SAVI Tahun 2022

Shady Vegetation Index

Hasil pengolahan SVI dapat digunakan untuk mengevaluasi pola bayangan berdasarkan struktur atau distribusi objek tertentu dengan mempengaruhi respon spectral tiap waktu. Perhitungan SVI dihitung menggunakan cahaya tampak

rendah dari band merah pada citra Sentinel-2A. Hal ini dikarenakan refleksi band merah terlihat sensitif terhadap kandungan klorofil daun. Berikut hasil pengolahan indeks nilai SVI tahun 2016 dan 2022 disajikan pada Tabel 3.

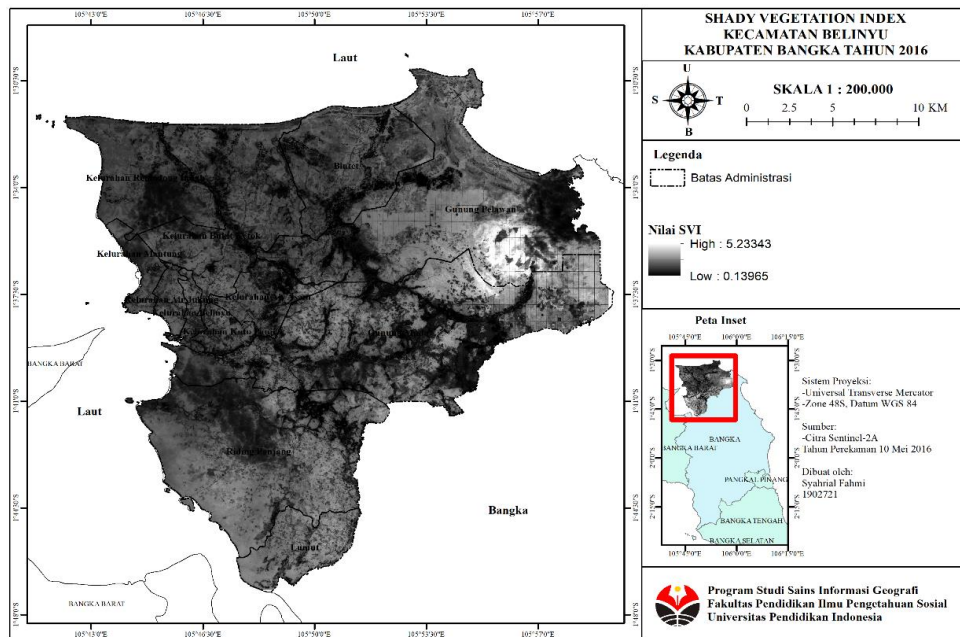


Gambar 6. Hasil Pengolahan SVI Tahun 2016

Tabel 3. Hasil Pengolahan Indeks SVI

Rentang Nilai SVI		
Tahun	Min	Max
2016	0	5.1
2022	0	4.59

Berikut hasil visualisasi pengolahan indeks SVI tahun 2016 dan 2022 disajikan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pengolahan SVI Tahun 2022

Scale Vegetation Density

Setelah hasil perhitungan AVI dan SAVI didapatkan dengan citra Sentinel 2A. AVI dan SAVI kemudian diolah untuk menghasilkan kerapatan vegetasi. Hasil SVD diperoleh sebaran proporsi permukaan tanah yang tertutupi oleh tajuk tumbuhan pada kawasan hutan di Kecamatan Belinyu dengan rentan nilai yaitu 0 – 98.82 pada perekaman tahun 2016 dan 0 – 98.43 pada perekaman tahun 2022. Untuk kawasan

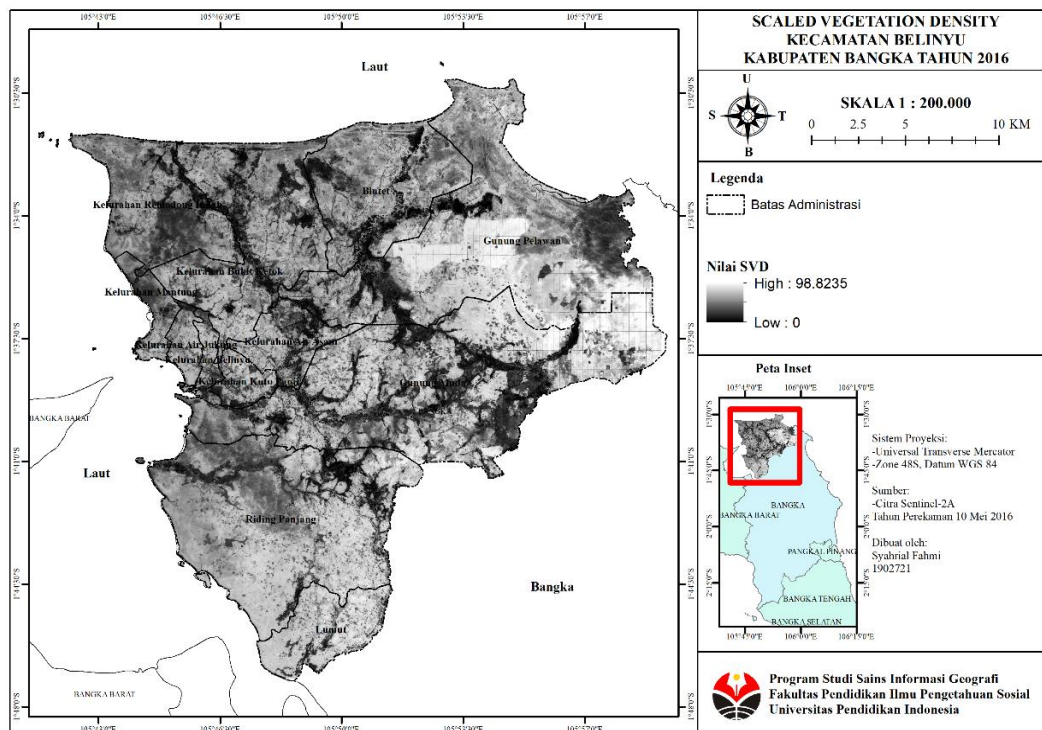
bernilai SVD dengan nilai maksimal menandakan proyeksi tajuk tumbuhan yang menutupi permukaan tanah sangat tinggi, yang ditandai dengan warna abu-abu mendekati putih terang. Kawasan hutan bernilai SVD rendah menandakan proporsi permukaan tanah yang tertutupi tajuk tumbuhan sangat rendah dan ditandai berwarna abu-abu mendekati hitam. Berikut hasil pengolahan indeks nilai SVD tahun 2016 dan 2022 disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengolahan Indeks SVD

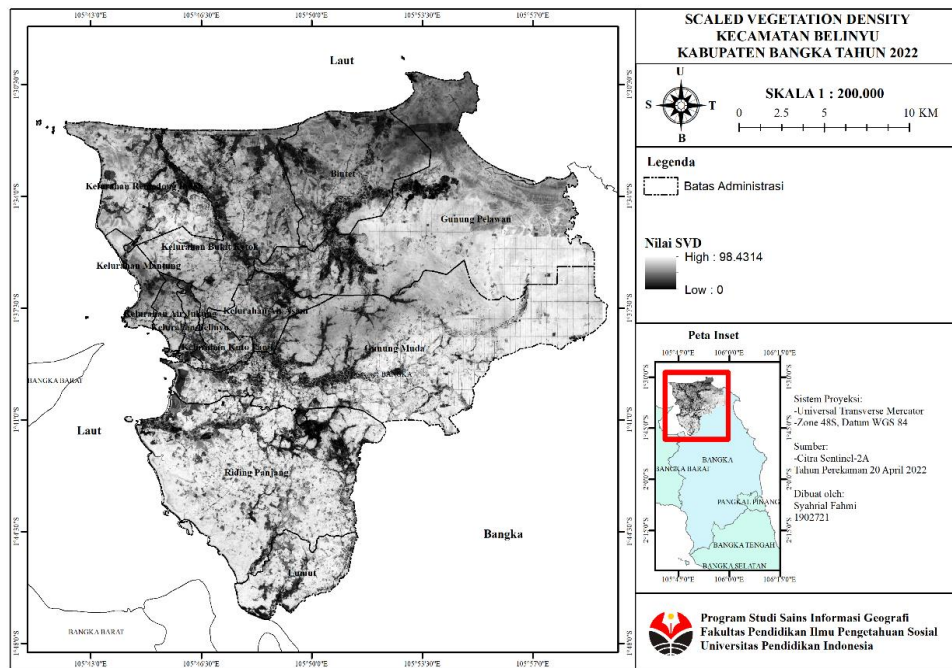
Rentang Nilai SVD		
Tahun	Min	Max
2016	0	98.82
2022	0	98.43

Kerapatan vegetasi pada citra Sentinel 2A perekaman tanggal tahun 2022 menunjukkan bahwa pada daerah di Kecamatan Belinyu mengalami penurunan jumlah kerapatan vegetasi yang lebih baik dari perekaman citra Sentinel 2A tahun

2016. Hal ini dilihat dari rentang nilai maksimal SVD tahun 2022 menurun. Berikut Gambaran spasial mengenai informasi indeks SVD di wilayah penelitian untuk tahun 2016 dan 2022 dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 8. Hasil Pengolahan SVD Tahun 2016



Gambar 9. Hasil Pengolahan SVD Tahun 2022

Forest Canopy Density

SVD dan SVI yang telah didapatkan selanjutnya diproses untuk menghasilkan estimasi FCD dalam rentang 0-100, yang diasumsikan sebagai persentase kerapatan kanopi hutan. Hasil FCD tahun 2016 menunjukkan nilai minimum FCD adalah 0.39% dan maksimum adalah 97.63%,

sedangkan pada FCD tahun 2022 nilai minimum adalah 0% dan maksimum adalah 95.27%. Nilai persentase FCD yang tinggi ditandai dengan warna yang lebih terang, sedangkan persentase FCD yang rendah ditandai dengan warna gelap. Berikut hasil pengolahan indeks nilai SVD tahun 2016 dan 2022 disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengolahan Indeks FCD

Rentang Nilai FCD		
Tahun	Min	Max
2016	0.39	97.63
2022	0	95.27

Hal yang paling terlihat berbeda secara visual dari hasil FCD 2016 dan FCD 2022 kerapatan kanopi bertambah lebih luas area kerapatannya dengan ditandai perubahan warna yang lebih terang ditahun 2022 dibandingkan tahun 2016. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat perubahan

persentase FCD dimana pada tahun 2022 semakin bertambah luasan area yang memiliki FCD sedang – tinggi dibandingkan pada tahun 2016. Berikut Gambaran spasial mengenai informasi indeks FCD di wilayah penelitian untuk tahun 2016 dan 2022 dapat dilihat pada gambar berikut.



Perubahan Kerapatan Kanopi Hutan

Perubahan luas kerapatan kanopi hutan di Kecamatan Belinyu dalam kurun waktu 6 tahun sejak 2016 hingga 2022, mengalami 10 perubahan kelas kerapatan dengan total luas perubahan 26536.16 ha. Kelas kerapatan yang paling banyak mengalami perubahan yaitu kelas kerapatan kanopi yang pada tahun 2016 memiliki nilai 1-10% dengan luas 14768.1 ha menurun pada tahun 2022 menjadi 1561.54 ha dengan total luas perubahan 13206.56 ha. Kelas kerapatan yang paling kecil mengalami perubahan yaitu kelas kerapatan kanopi yang pada tahun 2016 memiliki nilai >90% dengan luas 483.16 ha menurun pada tahun 2022 menjadi 423.92 ha dengan total luas perubahan 59.24 ha.

Berdasarkan hasil pengolahan FCD tahun 2016 dan 2022 diketahui bahwa perubahan kerapatan hutan yang paling luas area perubahan adalah kelas kerapatan rendah 1-10% menurun dari 14768.1 Ha menjadi 1561.54 Ha yaitu sebesar 13206.56 Ha. Sementara itu, perubahan luas area

kerapatan hutan paling rendah adalah kerapatan >90% sebesar 59.24 ha dari yang awalnya 483.16 ha di tahun 2016 menjadi 423.92 ha di tahun 2020

Salah satu penyebab terjadinya perubahan area kerapatan hutan rendah 1-10% secara signifikan menjadi lebih baik dikarenakan adanya perubahan ahli fungsi bekas lahan tambang timah menjadi area perkebunan kelapa sawit dan adanya program reklamasi yang dilakukan perusahaan timah milik BUMN. Menurut Khodijah (2008), Pertumbuhan tanaman kelapa sawit di lahan pasca tambang timah dengan tambahan input dikategorikan cukup baik dari tinggi tanaman, diameter batang, berat basah tajuk, berat kering tajuk, berat kering akar dan nisbah tajuk akar yang berpengaruh nyata sehingga tutupam kerapatan kanopi hutan di Kecamatan Belinyu dari tahun 2016 hingga 2022 mulai meningkat secara umumnya. Berikut tabel perubahan luas area kerapatan kanopi Kecamatan Belinyu hasil pengolahan indeks nilai FCD tahun 2016 dan 2022 disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perubahan Luas Area Kerapatan Kanopi Kecamatan Belinyu Antara Tahun 2016-2022

No	Kerapatan	Luas (ha) Tahun 2016	Luas (ha) Tahun 2022	Luas (ha) Perubahan antara Tahun 2016-2022
1	1-10%	14768.1	1561.54	(-) 13206.56
2	11-20%	9324.93	14899.6	(+) 5574.62
3	21-30%	7749.79	9155.85	(+) 1406.06
4	31-40%	6715.9	8026.69	(+) 1310.79
5	41-50%	4926.65	5835.52	(+) 908.87
6	51-60%	3966.33	4689.61	(+) 723.28
7	61-70%	2784.55	4471.12	(+) 1686.57
8	71-80%	1530.59	2998.58	(+) 1467.99
9	81-90%	1015.66	1207.84	(+) 192.18
10	>90%	483.16	423.92	(+) 59.24
Luas Total (ha)		53270.22	53270.22	-

Uji Akurasi Forest Canopy Density

Proses uji akurasi hanya dilakukan pada citra Sentinel-2A perekaman 20 April 2022. Hal ini ditentukan karena hasil pengolahan FCD pada perekaman tahun 2022 akan digunakan sebagai salah satu variabel data dasar terbaru dalam perencanaan dan pelaksanaan program rehabilitasi.

Pengambilan data survei lapangan dilakukan untuk membandingkan data yang diperoleh dari proses pengolahan data citra

dengan kondisi di lapangan. Data yang diperoleh dari hasil survei lapangan berupa koordinat aktual lokasi pengambilan foto di lapangan dan hitungan jumlah tegakan pohon di lapangan seluas (10x10) meter sesuai resolusi spasial Sentinel 2A. Penentuan jumlah sampelnya diambil dari besarnya jumlah sampel tergantung pada jumlah indikator yang minimal dikalikan 5 kalinya (Supriyadi. 2014). Dalam penelitian ini terdapat 10 klasifikasi, maka jumlah sampel minimal yang diperlukan adalah $10 \times 5 = 50$ sampel.

Proses uji akurasi menggunakan matriks kesalahan atau confusion matrix dan

menghasilkan akurasi sebagai berikut.

Data Sampel	Diklasifikasikan ke dalam kategori										Total Baris
	1-10%	11-20%	21-30%	31-40%	41-50%	51-60%	61-70%	71-80%	81-90%	>90%	
1-10%	5										5
11-20%		5									5
21-30%			5								5
31-40%				5							5
41-50%				1	4						5
51-60%						5					5
61-70%				1		1	3				5
71-80%							1	4			5
81-90%								1	4		5
>90%									2	3	5
Total Kolom	5	5	5	7	4	6	4	5	6	3	50
Producer Accuracy	100%	100%	100%	71%	100%	83%	75%	80%	66%	100%	Total Klasifikasi Benar 43
Error Omission	0%	0%	0%	29%	0%	17%	25%	20%	34%	0%	Overall Accuracy 86%

Gambar 12. Hasil Uji Akurasi FCD Tahun 2022

Nilai Overall Accuracy (OA) menunjukkan banyaknya jumlah piksel yang terklasifikasi secara benar pada tiap kelas dibanding jumlah sampel yang digunakan untuk uji akurasi pada semua kelas dan Producer Accuracy (PA) dihitung untuk mengetahui tingkat akurasi berdasarkan fakta yang diperoleh di lapangan

Berdasarkan hasil uji ketelitian menggunakan confusion matrix menunjukkan bahwa overall accuracy yang diperoleh sampel yang benar $\frac{43}{50}$ sebesar 86% sehingga memenuhi pedoman klasifikasi tutupan lahan oleh LAPAN, yaitu rata-rata > 75%. Berdasarkan hitungan uji akurasi, terdapat beberapa kesalahan klasifikasi pada kelas 31-40%, 51-60%, 61-70%, 71-80%, dan 81-90%. Sebagai contoh kesalahan klasifikasi pada kelas 61-70% terdapat 3 titik sampel benar dan 2 titik sampel salah, dimana masing-masing 1 titik salah masuk kedalam klasifikasi 51-60% dan 31-40%.

Kesalahan klasifikasi terjadi karena beberapa kawasan yang diambil sampel berada di daerah perkebunan dan jalan sehingga nilai kerapatan kanopi yang terklasifikasi sebagai kelas 61-70% beberapa masuk juga kedalam kelas 51-60% dan 31-40%, sehingga menyebabkan nilai error omission pada kelas 31-40% sebesar 29%, kelas 51-60% sebesar 17%, kelas 61-70% 25%, Kelas 71-80% sebesar 20% dan kelas 81-90% sebesar 34%.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil pengolahan citra Sentinel-2A, diketahui hasil estimasi perubahan luas kerapatan kanopi hutan pada tahun 2016 hingga 2022 secara umum mengalami perubahan diketahui bahwa perubahan kerapatan hutan yang paling luas area perubahan adalah kelas kerapatan rendah 1-10% menurun dari 14768.1 Ha menjadi 1561.54 Ha yaitu sebesar 13206.56 Ha. Salah satu penyebab terjadinya perubahan area kerapatan hutan rendah 1-10% secara signifikan menjadi lebih baik dikarenakan adanya perubahan ahli fungsi bekas lahan tambang timah menjadi area perkebunan kelapa sawit dan adanya program reklamasi yang dilakukan perusahaan timah milik BUMN. Sedangkan hasil uji akurasi menggunakan matrix confusion, diketahui bahwa hasil FCD memiliki akurasi yang baik sebesar 86% untuk FCD tahun 2022.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang sudah dibahas, diharapkan dapat memberikan rekomendasi kepada berbagai pihak. Sinergritas antara semua komponen akan mampu mengurangi tingkat keparahan perubahan kerapatan kanopi hutan dan lahan kritis di Kecamatan Belinyu Kabupaten Bangka. Selain itu, pemodelan tingkat lahan hutan kritis selain dari model Forest Canopy Density, perlu ditambah parameter terkait penilaian indeks kekritisian lingkungan. Seperti parameter sosial dan ekonomi masyarakat setempat untuk

menghasilkan pemodelan kekritisan lingkungan yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- A. I. Fauzi, 2015. "Modifikasi Model Forest Canopy Density untuk Identifikasi Degradasi Hutan di Kawasan Perkotaan," Disertasi tidak diterbitkan. Lampung: Institut Teknologi Sumatera
- Azizi, Z., Najafi, A., & Sohrabi, H. 2008. Forest Canopy Density Estimating, Using Satellite Images. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*.
- Badan Pusat Statistik. 2016. Lingkungan Hidup. Badan Pusat Statistik Kepulauan Bangka Belitung.
- Cai, Y., Lin, H. and Zhang, M. 2019. 'Mapping Paddy Rice by The Object-Based Random Forest Method Using Time Series Sentinel-1/Sentinel-2 Data, *Science Direct*.
- Chong, L., Huan-jun, L., Qiang, F., Hai-xiang, G., Qiang, YE., Xin-le, Z. and Fan-chang, K. 2020. 'Mapping the Fallowed Area of Paddy Fields on Sanjiang Plain of Northeast China to Assist Water Security Assessments, *Science Direct*.
- Fahreza, DF., Aulia, A., Fauzan, SF., Somantri, L., Ridwana, R. 2022. Pemanfaatan Citra Sentinel-2 dengan Metode NDVI untuk Perubahan Kerapatan Vegetasi Mangrove di Kabupaten Indramayu. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, (Online), Vol. 10 No. 2, (<https://ejournal.undiksha.ac.id/>), diakses 27 Januari 2023).
- Himayah, S. 2016. *Pemanfaatan Citra Landsat 8 Multitemporal dan Model Forest Canopy Density (FCD) Untuk Prioritas Reklamasi Hutan di Kawasan Gunung Kelud Jawa Timur*. Disertasi tidak diterbitkan. Yogyakarta: Program Studi Penginderaan Jauh Universitas Gadjah Mada.
- Huete, A.R. 1988. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*. 25 (3): 295-309.
- Innadya, A., Pratama, S., Khotimah, KH., Ridwana, R., Somantri, L. 2022. Analisis Kerapatan Vegetasi untuk Perencanaan Wilayah di Desa Cihideung Kabupaten Bandung Barat Menggunakan Citra Sentinel-2A dengan Metode MSARVI. *Jurnal Planologi*, (Online), Vol. 19. No. 2, <http://jurnal.unissula.ac.id/>), diakses 26 Januari 2023
- ITTO/JOFCA. 2003. FCD-Mapper Ver.2 User Guide, *Semi-Expert Remote Sensing System for Canopy Density Mapping*.
- Khodijah, N. 2008. Pengujian berbagai jenis amelioran terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di media bekas tambang timah. *Enviagro*, 2(1), 1-6.
- Marzukhi, F., Elahami, A.L. and Bohari, S.N. 2016. Detecting nutrients deficiencies of the oil palm trees using remotely sensed data. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 37: 1- 11.
- Prodromou, Maria. Gitas, Ioannis. Themistocleous, Kyriacos. Hadjimitsis, Diofantos. 2022. The implementation of the Forest Canopy Density (FCD) model for Coniferous ecosystems in Cyprus forests, using Landsat-8 and Sentinel-2 satellite data. *EGU22, the 24th EGU General Assembly*, (Online), <https://ui.adsabs.harvard.edu/>, diakses 27 Januari 2023).
- Supriyadi, Edy. 2014. Statistical Data Analysis SPSS+Amos, Penerbit: In Media, Jakarta
- Tohor, Ramadhan, Nugrahadi., Presetyo Budi, Lilik., Kartono, Priyono, Agus. 2014. 'Pemetaan Perubahan Kerapatan Kanopi Hutan Di Hutan Rakyat, Kabupaten Kuningan, Jawa Barat'. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh. LAPAN.2014*
- Torbick, N., Chowdhury, D., Salas, W. and Qi, J. 2017. 'Monitoring Rice Agriculture across Myanmar Using Time Series Sentinel-1 Assisted by Landsat-8 and PALSAR-2, *Remote Sensing*.

Triyani, R. 2019. *Aplikasi Model Forest Canopy Density Untuk Estimasi Jumlah Tegakan Pohon Menggunakan Citra SPOT-6 Di Kawasan Pengelolaan Hutan*

Lindung Batu Serampok Lampung Selatan. Disertasi tidak diterbitkan. Lampung. Program Studi Teknik Geomatika Institut Teknologi Sumatera