



## Evaluasi Indeks Vegetasi Merah Hijau Biru dari Citra UAV untuk Pemantauan Tutupan Tajuk pada Area Revegetasi Pascatambang Batubara di Kalimantan Selatan (Evaluation of Red Green Blue Vegetation Index (RGBVI) from UAV Imagery for Monitoring Canopy Cover in Post Coal Mining Revegetation Areas of South Kalimantan)

Wirawan Noor Hadi<sup>1</sup>, Trisnu Satriadi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. Jend. Ahmad Yani, Km. 35.6 Simpang Empat, Banjarbaru, 70714 Provinsi Kalimantan Selatan

\* Corresponding Author: [trisnu.satriadi@ulm.ac.id](mailto:trisnu.satriadi@ulm.ac.id)

### Article History

Received : November 15, 2025

Revised : November 25, 2025

Approved : December 2, 2025

**Keywords:** UAV, RGBVI, canopy cover, revegetation, coal mining, ecological monitoring

© 2025 Authors

Published by the Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Palangka Raya University. This article is openly accessible under the license:



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

### ABSTRACT

The success of revegetation in post-coal mining areas is generally evaluated through manual field surveys, which are time-consuming, costly, and often subjective. This study offers an alternative quantitative approach using the Red-Green-Blue Vegetation Index (RGBVI) calculated from high-resolution drone imagery to monitor canopy cover in coal mine reclamation areas. The research was conducted on a 1-hectare reclamation site located in Tabalong District, South Kalimantan, Indonesia. UAV flights were carried out using a DJI Phantom 4 Pro at an altitude of 100 meters and analyzed with QGIS 3.34. Vegetation cover was classified using the RGBVI formula with a threshold value of 0.30 and validated through field measurements of canopy diameter. The results showed that canopy cover derived from image analysis reached 69%, while the ground check data indicated 75%, yielding an accuracy level of 92%. The RGBVI effectively distinguished between vegetated and non-vegetated areas and demonstrated a strong correlation with field data. These findings confirm that RGB drone imagery is a reliable, efficient, and low-cost ecological monitoring tool that supports the development of digital reclamation evaluation systems in tropical mining regions.

### Sejarah Artikel

Diterima : 15 November 2025

Direvisi : 25 November 2025

Disetujui : 2 Desember 2025

**Kata Kunci:** UAV, RGBVI, tutupan tajuk, revegetasi, tambang batubara, pemantauan ekologis

© 2025 Penulis

Diterbitkan oleh Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya.

Artikel ini dapat diakses secara terbuka di bawah lisensi:



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

### ABSTRAK

Keberhasilan revegetasi pada lahan pascatambang batubara umumnya dievaluasi melalui survei lapangan manual yang memerlukan waktu lama, biaya tinggi, dan bersifat subjektif. Penelitian ini menawarkan pendekatan kuantitatif alternatif menggunakan Indeks Vegetasi RGB atau Revegetation Vegetation Index (RGBVI) yang dihitung dari citra drone beresolusi tinggi untuk memantau tutupan tajuk pada area reklamasi tambang batubara. Penelitian dilaksanakan di lahan reklamasi seluas 1 hektar di Kabupaten Tabalong, Kalimantan Selatan. Penerbangan UAV menggunakan DJI Phantom 4 Pro pada ketinggian 100 m yang dianalisis menggunakan QGIS 3.34. Tutupan vegetasi diklasifikasikan berdasarkan rumus RGBVI dengan nilai ambang 0,30, dan divalidasi melalui pengukuran diameter tajuk di lapangan. Hasil menunjukkan bahwa tutupan tajuk vegetasi dari analisis citra mencapai 69%, sedangkan hasil ground check sebesar 75%, dengan tingkat akurasi 92%. Indeks RGBVI efektif membedakan area vegetasi dan non-vegetasi serta memiliki korelasi tinggi dengan data lapangan. Temuan ini membuktikan bahwa citra drone RGB dapat menjadi alat pemantauan ekologis yang andal, efisien, dan berbiaya rendah, serta mendukung sistem evaluasi reklamasi digital di wilayah pertambangan tropis.

## 1. Pendahuluan

Pertambangan batubara masih menjadi salah satu penggerak utama perekonomian di Indonesia. Berdasarkan Minerba One Data Indonesia (MODI) per tanggal 26 Juli 2021, sektor pertambangan batubara tercatat telah merealisasikan produksi batubara sebesar

328,75 juta ton dengan rincian 96,81 juta ton (realiasi domestik), 161,99 juta ton (realiasi ekspor), 52,22 juta ton untuk DMO. Kebutuhan batubara tersebut masih menjadi tumpuan di kawasan asia pasifik karena penyediaannya terjangkau dan murah (Pribadi, 2021). Namun aktivitas ini meninggalkan permasalahan

ekologis serius berupa degradasi tanah, kehilangan vegetasi, dan perubahan tata air permukaan (Listiyani, 2017).

Kegiatan pertambangan yang berdampak terhadap lingkungan wajib melaksanakan reklamasi. Reklamasi merupakan kegiatan sepanjang tahapan usaha pertambangan untuk menata, memperbaiki dan memulihkan kualitas lingkungan dan ekosistem agar sesuai dengan peruntukannya (Kepmen ESDM No. 1827/2018). Sebagai bentuk komitmen pemulihan lingkungan akibat dampak kegiatan pertambangan. Pemerintah mewajibkan kepada pemegang IUP untuk melaksanakan reklamasi hingga mencapai kriteria penilaian keberhasilan 100% (UU No. 30/2020 tentang Perubahan UU Nomor 4 tahun 2020 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara).

Penilaian reklamasi terdiri dari penatagunaan lahan, revegetasi dan penyelesaian akhir. Penilaian terhadap kegiatan penatagunaan lahan terdiri dari penataan lahan dan penimbunan kembali lahan bekas tambang, penebaran tanah zona pengakaran, dan pengendalian erosi dan sedimentasi. Penilaian terhadap revegetasi terdiri dari penanaman tanaman penutup (*cover crop*), penanaman cepat tumbuh, penanaman jenis tanaman lokal, dan pengendalian air asam tambang. Kegiatan penyelesaian akhir terdiri dari penutupan tajuk dan perawatan (Guskarnali, et. al., 2019).

Sejak tahun 1995 sampai 2018, Pemerintah melakukan peninjauan lapangan untuk evaluasi pelaksanaan reklamasi terhadap setiap parameter keberhasilan reklamasi. Namun seiring dengan bertambahnya luasan reklamasi diperlukan metode yang praktis dan akuntabel untuk melakukan evaluasi keberhasilan reklamasi (Pratama & Sudrajat, 2020).

Teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan foto udara dengan wahana drone (Mainaki & Hilman, 2020). Setiap data foto yang dihasilkan drone yang menggunakan cahaya tampak hanya menghasilkan band RGB (*Red, Green, Blue*) yang dilakukan orthomosaic menjadi data citra drone (Sugara et. al., 2020). Data citra drone yang diolah dengan perangkat

lunak sistem informasi geografis dapat dimanfaatkan untuk klasifikasi tutupan lahan (Saputra, 2019), identifikasi batas administrasi (Suciani & Rahmadi, 2019), memantau pertumbuhan kelapa sawit (Wibowo & Rijayana, 2017), hingga mengevaluasi keberhasilan reklamasi lahan bekas tambang (Juanda, 2021). Penilaian penutupan tajuk pada kriteria evaluasi keberhasilan reklamasi terdapat pada penyelesaian akhir (Adnyano, 2016). Perpaduan aplikasi teknologi penginderaan jauh dengan sistem informasi geografis dapat diterapkan untuk memantau tutupan tajuk tanaman (Parker et. al., 2020). Metode analisis berbasis indeks vegetasi RGB ditemukan akurat untuk memantau penutupan tajuk tanaman karena lebih toleran terhadap perubahan warna tajuk saat tajuk menua (Ashapure et al., 2019).

Pemantauan vegetasi konvensional menggunakan survei lapangan (*ground check*) masih banyak dilakukan terutama untuk menghitung populasi jumlah tanaman dan tutupan tajuk, tetapi pendekatan ini memerlukan sumber daya besar dan cenderung bersifat subjektif. Sementara itu, untuk pemantauan tutupan tajuk penggunaan satelit seperti Landsat dan Sentinel-2 menawarkan jangkauan luas, tetapi keterbatasan resolusi spasial dan temporal membuatnya kurang efektif untuk skala lokal di area tambang yang heterogen. Kondisi ini mendorong pemanfaatan teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau drone yang mampu menghasilkan citra resolusi tinggi (2–10 cm) dengan fleksibilitas waktu dan biaya rendah (Bendig et al., 2015; Martínez et al., 2020).

Sebagian besar penelitian sebelumnya menilai tutupan vegetasi dengan indeks berbasis inframerah dekat (NIR) seperti NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan EVI (*Enhanced Vegetation Index*). Namun, sensor NIR atau multispektral membutuhkan perangkat khusus berbiaya tinggi dan sering kali sulit dioperasikan di lapangan tambang dengan kondisi ekstrem. Di sinilah muncul kebaruan penelitian ini: pemanfaatan indeks vegetasi berbasis spektrum cahaya tampak

(RGB) terutama RGBVI (*Red-Green-Blue Vegetation Index*) yang dihitung dari citra drone biasa tanpa sensor NIR.

Beberapa studi menunjukkan bahwa indeks berbasis RGB memiliki korelasi tinggi dengan NDVI dan dapat menjadi indikator yang andal untuk memantau dinamika vegetasi (Ashapure et al., 2019). Namun, penerapannya dalam konteks revegetasi tambang batubara tropis masih sangat terbatas, baik di Indonesia maupun di Asia Tenggara. Selain itu, belum banyak penelitian yang mengkaji akurasi spasial RGBVI terhadap hasil pengukuran lapangan (*ground check*).

Oleh karena itu, penelitian ini memiliki dua aspek kebaruan yang jelas. Pertama, metodologis yang mengembangkan pendekatan berbasis RGB drone imaging untuk menghitung indeks vegetasi tanpa sensor NIR, yang mampu memberikan representasi kuantitatif penutupan tajuk revegetasi tambang. Kedua, Aplikatif-ekologis yang menguji kemampuan RGBVI untuk memantau perubahan kondisi vegetasi pada lahan reklamasi batubara di wilayah tropis Indonesia secara efisien dan replikatif.

Pendekatan ini berpotensi menjadi model baru pemantauan ekologis berbasis citra resolusi tinggi yang hemat biaya dan cepat, sekaligus mendukung transformasi sistem pelaporan reklamasi menuju basis data digital spasial yang transparan. Penelitian ini juga mengisi kesenjangan literatur dengan memberikan bukti empiris bahwa indeks

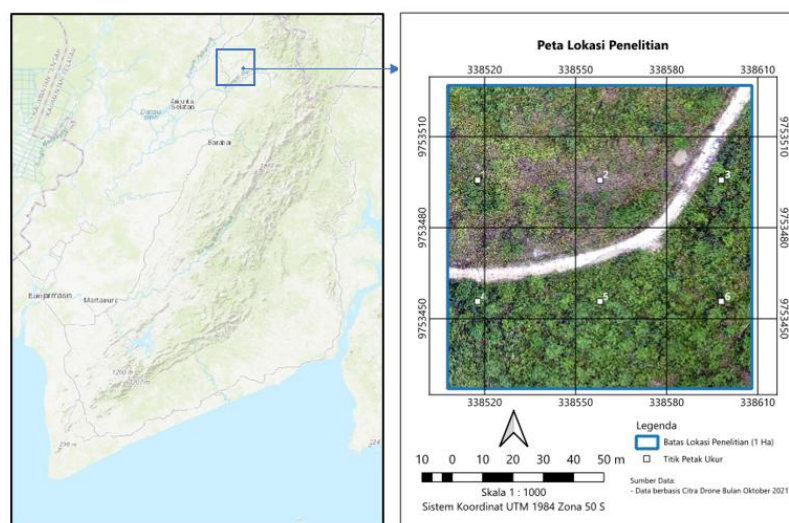
vegetasi berbasis RGB dapat menjadi alternatif andal untuk evaluasi ekologis di wilayah tropis yang minim akses sensor multispektral.

Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah menganalisis hubungan antara nilai indeks vegetasi RGB (RGBVI) dengan tutupan tajuk hasil pengukuran lapangan pada area reklamasi tambang batubara, serta mengevaluasi efektivitas dan efisiensi metode citra drone RGB dibandingkan survei manual. Hasil penelitian diharapkan memperkaya pemahaman tentang pemantauan ekologis berbasis UAV dan mendorong adopsi teknologi ini dalam kebijakan reklamasi lahan pascatambang di Indonesia.

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada lahan proyek reklamasi di Kabupaten Tabalong, Kalimantan Selatan, Indonesia. Luas area penelitian sebesar 1 hektar pada tahun tanam 2020. Lokasi tersebut merupakan area revegetasi pascatambang batubara yang telah berumur  $\pm 1$  tahun 10 (Data diambil bulan Oktober 2021). Lahan di lokasi penelitian pada topografi datar dan terdapat vegetasi tanaman cepat tumbuh dan tanaman lokal. Jenis cepat tumbuh meliputi *Paraserianthes falcataria* (Sengon Laut) dan *Cassia siamea* (Johar), sedangkan tanaman lokal antara lain *Vitex pinnata* (Alaban), *Swietenia mahagoni* (Mahoni), dan *Peronema canescens* (Sungkai). Populasi tanaman sebanyak 880 batang/ha.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

## 2.2. Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian menggunakan kombinasi data primer hasil penginderaan jauh UAV (drone)

dan data lapangan (*ground check*) sebagai pembanding.

**Tabel 1.** Alat dan Bahan yang digunakan

No	Jenis Bahan/Alat	Spesifikasi Teknis	Kegunaan
1	Citra Drone RGB	DJI Phantom 4 Pro, kamera 20 MP, ketinggian terbang 100 m, resolusi 10 cm/pixel	Data utama tutupan tajuk
2	Software QGIS 3.34	Open-source GIS	Pengolahan indeks vegetasi RGBVI
3	Aplikasi SW Maps	Pembaca data <i>shapefile</i> di handphone android	Mengecek batas <i>ground check</i>
4	Data <i>shapefile</i>	Batas blok tanam 1 Ha	Pembatas area analisis
5	Perangkat lapangan (meteran)	Manual	Pengukuran diameter tajuk
6	Dokumentasi lapangan	Kamera digital	Validasi visual kondisi vegetasi

## 2.3. Prosedur Penelitian

### 2.3.1 Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dalam dua tahap utama yang meliputi akurasi citra drone dan *ground check*:

#### a. Akuisisi Citra Drone

Penerbangan dilakukan pada kondisi cuaca cerah (jam 09.00–11.00 WITA) untuk menghindari efek bayangan. Pengaturan overlap frontal 80% dan lateral 70% digunakan untuk meningkatkan akurasi orthomosaic. Foto udara di-stitching menggunakan *Agisoft Metashape* hingga menghasilkan orthophoto resolusi 10 cm/pixel. Data yang digunakan terdiri dari band Red (R), Green (G), dan Blue (B) yang kemudian diekspor dalam format GeoTIFF untuk analisis indeks vegetasi di QGIS.

#### b. Ground Check

*Ground check* dilakukan untuk validasi hasil analisis indeks vegetasi dengan pengukuran langsung di lapangan. Ukuran plot sampling (Petak Ukur/PU) ditetapkan 20 m × 20 m (0,04 ha) dengan intensitas sampling 25% dari total luas area (1 ha), menghasilkan 6 petak ukur.

Setiap pohon diukur diameter tajuk dua arah (D1 dan D2) yang kemudian dirata-ratakan menjadi  $D = (D1 + D2) / 2$ . Hasilnya digunakan untuk menghitung persentase tutupan tajuk per petak dan per hektar. Luas tutupan tajuk tiap pohon dihitung dengan rumus:

$$\text{Luas Tutupan Tajuk (m}^2\text{)} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

### 2.3.2 Analisis Data

#### 1. Perhitungan Indeks Vegetasi RGB

Analisis indeks vegetasi dilakukan menggunakan *Raster Calculator* pada QGIS dengan formula RGBVI (*Red-Green-Blue Vegetation Index*) yang dikembangkan oleh Bendig et al., (2015):

$$\text{RGBVI} = \frac{G^2 - (R \times B)}{G^2 + (R \times B)}$$

Nilai indeks berkisar antara -1 hingga +1, di mana nilai positif menunjukkan vegetasi dan nilai negatif menunjukkan area non-vegetasi. Tahapan analisis meliputi:

- Mengimpor *orthophoto* ke QGIS.
- Menghitung nilai RGBVI per piksel menggunakan rumus di atas.
- Melakukan thresholding dengan nilai batas 0,30 untuk memisahkan vegetasi dari non-vegetasi (Ashapure et al., 2019).
- Mengaplikasikan filter mayoritas (radius 5 piksel) guna menghilangkan *noise*.
- Mengonversi raster hasil ke vektor.
- Mengklasifikasikan hasil vektor menjadi dua kategori: Tutupan Tajuk (vegetasi) dan Non Tutupan Tajuk (tanah terbuka atau semak rendah).
- Menghitung luas tiap kategori serta persentase penutupannya terhadap total area.

#### 2. Validasi *Ground Check*

Akurasi hasil citra dibandingkan dengan data lapangan. Pengambilan data di lapangan menggunakan petak ukur (PU) 20 m x 20 m sebanyak 6 unit (Gambar 2) dengan parameter pengukuran tutupan tajuk pohon (**Gambar 3**).

Validasi akurasi hasil citra menggunakan rumus tingkat akurasi (Juanda, 2021):

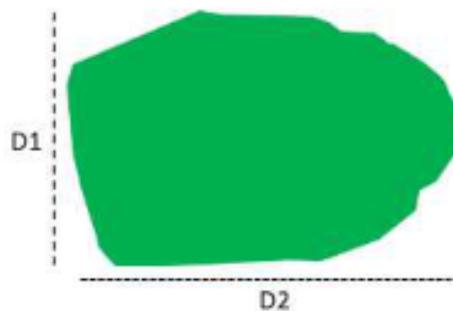
$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Tutupan RGBVI}}{\text{Tutupan Ground Check}} \times 100\%$$

Selisih hasil antara kedua metode dihitung untuk menilai konsistensi data:

$$\Delta\text{Tutupan} = \text{Tutupan Ground Check} - \text{Tutupan RGBVI}$$



**Gambar 2.** Penempatan Petak Ukur (PU) untuk *Ground Check* Lapangan



**Gambar 3.** Ilustrasi pengukuran diameter tajuk pohon

Seluruh proses dianalisis menggunakan QGIS 3.34 untuk komputasi raster-vektor, visualisasi peta tematik, dan perhitungan spasial. Validasi data lapangan dilakukan secara *cross-check* spasial berdasarkan koordinat plot pengamatan. Hasil akhir berupa peta distribusi tutupan tajuk dan akurasi spasial dibandingkan antara metode RGBVI dan *ground check*.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Analisis Indeks Vegetasi RGB

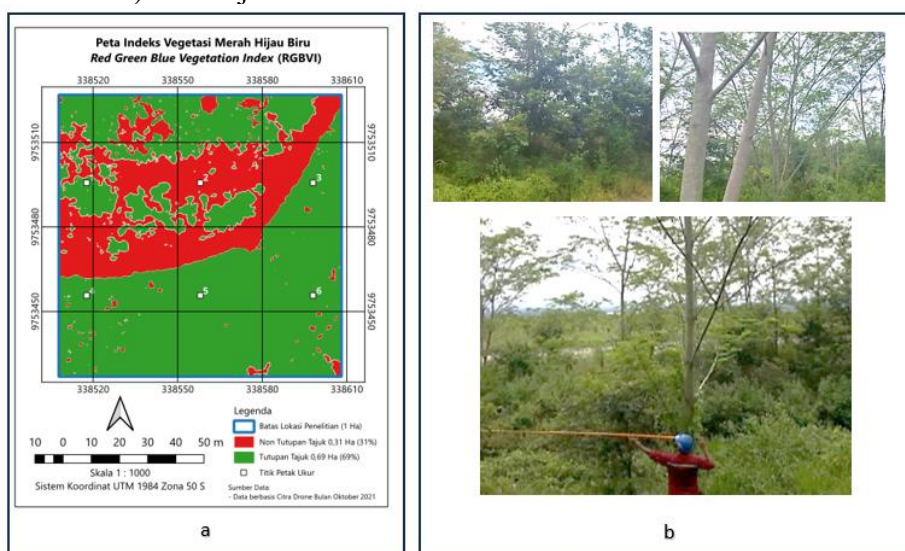
Indeks vegetasi merupakan parameter fisis revegetasi dari hasil ekstraksi data penginderaan jauh yang bernilai angka tertentu (Prasasli et. al., 2004). Indeks vegetasi sering

dilakukan perhitungan menggunakan citra multispektral dengan basis band *Near Infra Red* atau NIR (Arnanto, 2013; Purwanto, 2015; Que et.al. 2019), namun dengan perkembangan penginderaan jauh menggunakan citra drone telah berkembang formulasi perhitungan indeks vegetasi menggunakan basis cahaya tampak seperti band *Red, Green, Blue* atau RGB (Ashapure et. al., 2019; Bendig et. al., 2015; Martinez et. al., 2020). Ashapure et. al., 2019 menyatakan bahwa formula perhitungan indeks vegetasi RGB dapat digunakan untuk memisahkan tajuk dan non tutupan tajuk vegetasi.

Hasil pengolahan citra drone RGB pada penelitian ini menghasilkan orthophoto resolusi

tinggi yang kemudian dihitung menggunakan formula RGBVI (*Red Green Blue Vegetation Index*). Nilai indeks vegetasi diperoleh dalam rentang antara -1 hingga +1, di mana nilai positif menunjukkan vegetasi dan nilai negatif menunjukkan area *non-vegetasi*. Citra awal dalam bentuk band *grey* menunjukkan campuran antara tanah terbuka dan vegetasi. Setelah penerapan nilai ambang (*threshold*) sebesar 0,30, diperoleh klasifikasi spasial yang memisahkan tajuk vegetasi (warna putih) dan non-tajuk (warna merah) secara jelas.

Metode ini terbukti efektif karena mampu mengidentifikasi variasi spektral yang dihasilkan oleh perbedaan reflektansi cahaya tampak pada permukaan vegetasi dibandingkan tanah terbuka. Hal ini sejalan dengan temuan Bendig et al., (2015) dan Ashapure et al., (2019) bahwa RGBVI memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan warna tajuk akibat umur daun, kelembaban, dan variasi klorofil, sehingga cocok untuk pemantauan vegetasi heterogen pada area reklamasi.



**Gambar 4.** Hasil penelitian yang terdiri dari 4.a.peta hasil analisis RGB vegetation index dan 4.b. ground check lapangan (pengukuran tutupan tajuk vegetasi)

Hasil analisa tutupan tajuk indek vegetasi RGB dilakukan validasi melalui ground check untuk menilai akurasi. Pada tahap ground check dilakukan pengambilan data diameter tajuk pohon pada setiap petak ukur (PU). Ukuran PU 20 m x 20 m dengan luas 400 meter

persegi. Hasil yang diperoleh dari pengambilan data tersebut sebagai berikut. Berdasarkan hasil pada **Tabel 2**, rata – rata hasil persentase hidup sebesar 90%, tutupan tajuk sebesar 75% dan non tutupan tajuk sebesar 25%.

**Tabel 2.** Persentase tutupan tajuk setelah dilakukan *ground check*

PU	Koordinat		Luas Tajuk (m <sup>2</sup> )	Luas PU (m <sup>2</sup> )	Tutupan Tajuk	Non Tutupan Tajuk	% Hidup
	X	Y					
1	338518	9753496	275	400	69%	31%	91%
2	338558	9753496	412	400	100%	0%	97%
3	338598	9753496	415	400	100%	0%	91%
4	338518	9753456	84	400	21%	79%	88%
5	338558	9753456	248	400	62%	38%	85%
6	338598	9753456	388	400	97%	3%	88%
Rata-rata			304	400	75%	25%	90%

### 3.2. Tutupan Tajuk Revegtasi

Vegetasi yang terdapat pada aktifitas revegetasi tambang batubara meliputi tanaman

penutup (*cover crop*) dan tanaman revegetasi yang terdiri dari tanaman cepat tumbuh (*fast growing species*) dan tanaman lokal (*slow*

*growing species*). Tanaman revegetasi merupakan indikator utama yang dilakukan pemantauan tutupan tajuknya di akhir penyelesaian kegiatan reklamasi (Prasteyo et al., 2020).

Klasifikasi hasil pengolahan citra RGBVI menunjukkan bahwa luas tutupan tajuk vegetasi mencapai 0,69 ha (69%), sedangkan non-tutupan tajuk seluas 0,31 ha (31%), sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 1. Nilai ini menggambarkan keberhasilan awal revegetasi di area reklamasi umur <2 tahun, dengan dominasi tanaman cepat tumbuh seperti *Paraserianthes falcataria* dan *Cassia siamea*.

Sementara itu, hasil pengamatan ground check pada enam petak ukur menunjukkan rata-rata tutupan tajuk 76% dengan tingkat kelangsungan hidup tanaman (*survival rate*) 90%. Dengan demikian, terdapat perbedaan tutupan tajuk sebesar 7% antara hasil drone (69%) dengan hasil *ground check* lapangan (75%). Perbandingan antara hasil drone dengan hasil *ground check* lapangan tersebut menunjukkan tingkat akurasi 92%, yang termasuk kategori sangat baik (Juanda, 2021). Akurasi tinggi ini disebabkan oleh kemampuan indeks RGBVI mendeteksi warna hijau pada daun yang masih muda maupun mulai menua, sehingga mampu merepresentasikan kondisi vegetasi aktual tanpa memerlukan sensor inframerah.

Penelitian ini pada Lokasi tamamn berumur 1 tahun 10 bulan dengan nilai indeks vegetasi tertinggi senilai 1. Pratama dan Sudrajat (2020) melakukan perhitungan indeks vegetasi untuk mengevaluasi tanamn berumur 7 tahun dengan hasil tingkat keberhasilan 100% dan nilai indeks vegetasi tertinggi 0,962. Sedangkan dalam pada penelitian ini, indeks vegetasi tertinggi di angka 1. Indeks vegetasi pada umur tanaman 1 tahun 10 ini dapat dikatakan bisa mencapai indeks vegetasi berumur 7 tahun. Namun, Lokasi pada penelitian ini masih mencapai 69% tutupan tajuk sehingga keberhasilannya belum mencapai 100%. Oleh karena itu diperlukan penanaman ulang pada tanaman yang mati dan atau percepatan peningkatan tutupan tajuk pada

tanaman yang masih kerdil/lambat pertumbuhannya.

### 3.3. Karakteristik Ekologis Vegetasi

Tutupan tajuk terlihat rapat dan menunjukkan kondisi vegetasi yang baik (**Gambar 4.b.**) menunjukkan kondisi tutupan tajuk ground check yang telah sesuai dengan hasil analisis indeks vegetasi RGB. Terbentuknya tutupan tajuk memberikan manfaat ekologis yang meliputi peningkatan kualitas udara, meningkatkan kualitas iklim mikro (kembabahan rendah dan radiasi minimal), menurunkan kadar karbon di atmosfer dan menurunkan laju pemanasan global (Saroh, 2020; Krisdianto, 2020).

Analisis visual hasil *ground check* memperlihatkan variasi kondisi vegetasi di lapangan, termasuk tanaman merana (**Gambar 5.a**), tanah jenuh air (**Gambar 5.b**) dan area terbuka akibat kematian tanaman (**Gambar 5.c**). Tanaman Johar menunjukkan pertumbuhan lebih cepat di area dengan drainase baik, sedangkan tanaman Mahoni dan Alaban cenderung tumbuh lambat pada tanah padat dengan infiltrasi rendah. Fenomena ini mengindikasikan adanya pengaruh kondisi fisik tanah dan mikrotopografi terhadap sebaran nilai RGBVI, di mana nilai indeks cenderung lebih tinggi pada area kering berdrainase baik dan menurun pada zona lembab.

Tindakan perbaikan yang harus dilakukan pada kondisi tanaman yang merana yaitu melakukan perawatan yang intensif (Nutayla & Elletaria, 2020). Sedangkan kondisi tanaman yang mati akibat air permukaan tanah dalam keadaan jenuh (*water table*) memerlukan kegiatan penanaman ulang dengan jenis tanaman yang adaptif pada lahan tergenang air seperti kayu putihv(Nurhayati et al., 2014). Kondisi tanah areal pasca tambang tergolong padat serta keras sehingga pori-pori kecil yang menyebabkan lambatnya proses penyerapan air dan hara ke dalam tanah serta terjadinya percepatan proses pencucian hara dan unsur hara menjadi larut tidak diserap oleh tanaman (Maulidan et al., 2021). Solusi agar menghindari terjadinya genangan air melalui persiapan drainase yang baik pada saat kegiatan

persiapan lahan sebelum penanaman (Munir & Setyowati, 2017). Pada kondisi tutupan tajuk yang masih terbuka baik akibat kematian tanaman maupun kondisi tanaman yang kerdil perlu dilakukan percepatan pertumbuhan dan

perkembangan tutupan tajuk tanaman dengan melakukan kegiatan perawatan secara berkala meliputi penyulaman dan pemupukan yang intensif (Prasetyo, et. al., 2020).



**Gambar 5.** a. kondisi tanaman kerdil & merana; b. drainase tidak baik, infiltrasi rendah; c. area tutupan tajuk terbuka dengan adanya kondisi tanaman mati

Secara ekologis, perbedaan ini penting karena menunjukkan bahwa indeks vegetasi RGB dapat merefleksikan kondisi fisiologis tanaman dan kesehatan ekosistem revegetasi. Menurut Martínez et al., (2020), nilai RGBVI yang tinggi tidak hanya menggambarkan kerapatan tajuk, tetapi juga fotosintesis aktif dan tingkat adaptasi tanaman terhadap kondisi lahan bekas tambang. Dengan tingkat akurasi RGBVI di atas 92%, menunjukan bahwa metode ini berpotensi menjadi standar baru dalam penilaian tutupan tajuk revegetasi, terutama pada kawasan tropis dengan dinamika vegetasi cepat. Hasil penelitian ini juga memperkuat urgensi transisi dari pemantauan manual menuju pemantauan berbasis data digital dan geospasial terintegrasi.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa indeks vegetasi berbasis cahaya tampak (RGBVI) yang dihitung dari citra drone RGB mampu digunakan secara efektif untuk memantau keberhasilan revegetasi lahan pascatambang batubara. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai RGBVI berkorelasi kuat dengan persentase penutupan tajuk hasil pengukuran lapangan (ground check) dengan tingkat akurasi mencapai 92%. Metode ini menghasilkan klasifikasi spasial yang mampu membedakan area vegetasi dan non vegetasi

secara jelas, dengan nilai ambang RGBVI > 0,30 sebagai batas vegetatif optimum. Luas tutupan tajuk hasil penginderaan mencapai 69%, sangat mendekati hasil lapangan sebesar 75%, sehingga dapat disimpulkan bahwa RGBVI merupakan indikator kuantitatif yang valid dan efisien untuk evaluasi keberhasilan reklamasi.

#### Daftar Pustaka

- Adnyano, I. A. 2016. Penilaian Tingkat Keberhasilan Reklamasi Permen ESDM No. 7 Tahun 2014 Lahan Bekas Tambang Pit 1 PT Pipit Mutiara Jaya di Kabupaten Tana Tidung Kalimantan Utara. *Promine*, 4(1), 34-39.
- Arnanto, A. 2013. Pemanfaatan transformasi Normalized Difference Vegetation Index NDVI citra Landsat TM untuk zonasi vegetasi di lereng Merapi bagian selatan. *Geomedia: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, 11(2), 155-170.
- Ashapure, A., Jung, J., Chang, A., Oh, S., Maeda, M., & Landivar, J. 2019. A comparative study of RGB and multispectral sensor-based cotton canopy cover modelling using multi-temporal UAS data. *Remote Sensing*, 11(23), 2757.
- Bendig, J., Yu, K., Aasen, H., Bolten, A., Bennertz, S., Broscheit, J., & Bareth, G. 2015. Combining UAV-based plant height from crop surface models, visible, and near

- infrared vegetation indices for biomass monitoring in barley. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 39, 79-87.
- Guskarnali, G., Parenty, R. K., & Andini, D. E. 2019. Analisis Keberhasilan Reklamasi berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 Tahun 2018 pada Lahan Bekas Tambang Air Jelitik 3 PT Timah Tbk Kabupaten Bangka. *Mineral*, 4(2), 72-77.
- Juanda, E. T. 2021. Analisis Komparasi Klasifikasi Tutupan Vegetasi Melalui Citra Drone Dan Satelit Dalam Menentukan Tingkat Keberhasilan Reklamasi Lahan Bekas Tambang. *Journal Of Science And Engineering*, 4(1), 19-27.
- Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Pertambangan Yang Baik. Diakses pada tanggal 1 November 2021 di laman <https://jdih.esdm.go.id/index.php/web/result/1805/detail>.
- Listiyani, N. 2017. Dampak Pertambangan Terhadap Lingkungan Hidup di Kalimantan Selatan dan Implikasinya Bagi Hak-hak Warga Negara. *Al-Adl: Jurnal Hukum*, 9(1), 67-86.
- Mainaki, R., & Hilman, M. 2020. Petunjuk Praktikum Penginderaan Jauh. Bandung; Universitas Siliwangi.
- Martínez, G. H., Magdaleno, F. H., Hernández, A. R., Khalil-Gardezi, A., Chávez, T. L., Villa, M. O. R., & Vázquez-Peña, M. A. 2020. Corn grain yield estimation from vegetation indices, canopy cover, plant density, and a neural network using multispectral and RGB images acquired with unmanned aerial vehicles. *Agriculture*, 10(7), 277.
- Maulidan, A., Arifin, Y. F., & Pujawati, E. D. 2021. Studi Pertumbuhan Tanaman Pada Areal Pasca Tambang Dataran Tinggi Di Kalimantan Selatan. *Jurnal Sylva Scientiae*, 4(2), 206-217.
- Munir, M., & Setyowati, R. D. N. 2017. Kajian reklamasi lahan pasca tambang di Jambi, Bangka, dan Kalimantan Selatan. *Klorofil: Jurnal Ilmu Biologi dan Terapan*, 1(1), 11-16.
- Nurhayati, Razali, & Zuraida. 2014. Peranan berbagai jenis bahan pembenah tanah terhadap status hara P dan perkembangan akar kedelai pada tanah gambut asal Ajamu Sumatera Utara. *Jurnal Floratek*, 9, 29–38. Universitas Syiah Kuala.
- Nutayla, N., & Elettaria, A. A. 2020. Efektifitas Penanaman Melaleuca Cajuputi Pada Area Pascatambang IUP Banko Barat PT Bukit Asam Tbk. *Seminar Nasional Lahan Suboptimal*, 1, 695-701.
- Parker, T. A., Palkovic, A., & Gepts, P. 2020. Determining the Genetic Control of Common Bean Early-Growth Rate Using Unmanned Aerial Vehicles. *Remote Sensing*, 12(11), 1748.
- Pratama, A., & Sudrajat, J. 2020. Analisis Penggunaan Algoritma NDVI Pada Platform Google Earth Engine Sebagai Data Dukung Evaluasi Keberhasilan Pelaksanaan Reklamasi Lahan Bekas Tambang. *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI*, 155-162.
- Prasetyo, M. A., Yusuf, M., Iskandar, H., & Rizal, R. T. 2020. Evaluasi Keberhasilan Reklamasi Disposal Selatan di PT Bara Energi Lestari. *Jurnal Pertambangan*, 4(2), 74-80.
- Pribadi, A. 2021. Cadangan Batubara Masih 38,84 Miliar Ton, Teknologi Bersih Pengelolaannya Terus Didorong. *Siaran Pers Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 246.Pers/04/SJI/2021*. Diakses dari <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/cadangan-batubara-masih-3884-miliar-ton-teknologi-bersih-pengelolaannya-terus-didorong> pada 1 November 2021.
- Purwanto, A. 2015. Pemanfaatan citra Landsat 8 untuk identifikasi Normalized Difference Vegetation Index NDVI di Kecamatan Silat Hilir Kabupaten Kapuas Hulu. *Edukasi: Jurnal Pendidikan*, 13(1), 27-36.

- Que, V. K. S., Prasetyo, S. Y. J., & Fibriani, C. 2019. Analisis Perbedaan Indeks Vegetasi Normalized Difference Vegetation Index NDVI dan Normalized Burn Ratio NBR Kabupaten Pelalawan Menggunakan Citra Satelit Landsat 8. *Indonesian Journal of Computing and Modeling*, 2(1), 1-7.
- Saputra, Y. R. 2019. Aplikasi Citra Drone untuk Klasifikasi Tutupan Lahan: Studi Kasus di Cagar Alam Curah Manis Sempolan I. Skripsi. Universitas Jember.
- Saroh, I. 2020. Manfaat Ekologis Kanopi Pohon Terhadap Iklim Mikro Di Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*, 136-145.
- Suciani, A., & Rahmadi, M. T. 2019. Pemanfaatan Drone DJI Phantom 4 Untuk Identifikasi Batas Administrasi Wilayah. *Jurnal Geografi*, 11(2), 218-223.
- Sugara, A., Siregar, V. P., & Agus, S. B. 2020. Klasifikasi Habitat Bentik Perairan Dangkal Dari Citra Worldview-2 Menggunakan Data In-Situ Dan Drone. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1), 135-150.
- Undang Undang Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2020 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara. Diakses pada tanggal 1 November 2021 pada laman <https://jdih.esdm.go.id/storage/document/UU%20No.%203%20Thn%202020.pdf>.
- Wibowo, A. P. W., & Rijayana, I. 2017. Implementasi Teknologi Smart Drone dan Citra Udara untuk Monitoring Pertumbuhan Kelapa Sawit. *Seminar Nasional Teknologi dan Multi Media*, 5(1), 4-3.