

KLASIFIKASI TUTUPAN LAHAN PADA CITRA SENTINEL-2 KABUPATEN KUNINGAN DENGAN NDVI DAN ALGORITME *RANDOM FOREST*

Dwi Marlina

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Indraprasta PGRI
dhuwie.marlina@gmail.com

Submitted May 13, 2022; Revised July 13, 2022; Accepted July 28, 2022

Abstrak

Teknologi penginderaan jauh saat ini telah menghasilkan berbagai pemanfaatan, salah satunya adalah klasifikasi tutupan lahan. Teknik ini efektif dalam pemantauan tutupan lahan karena kemampuannya dalam menyediakan informasi spasial di permukaan bumi dengan cepat, luas, tepat dan mudah. Indeks vegetasi yang diperoleh berbasis penginderaan jauh merupakan metode yang cukup sederhana dan efektif untuk evaluasi kuantitatif dan kualitatif tutupan, kekuatan, dan dinamika pertumbuhan vegetasi. Indeks vegetasi menggunakan pantulan dari vegetasi yang umum digunakan untuk mengevaluasi kualitas vegetasi adalah *normalized difference vegetation index* (NDVI). Analisis klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan NDVI dan algoritme *random forest*. Algoritme *random forest* merupakan salah satu algoritme *machine learning supervised* yang dapat digunakan dalam mengklasifikasikan piksel pada kelas-kelas klasifikasi penutupan lahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan penutupan lahan citra satelit sentinel-2A dengan menggunakan metode NDVI dan algoritme *random forest*. Hasil dari penelitian ini bahwa nilai NDVI dihasilkan adalah $-0,3 - 0,91$ dan akurasi algoritme *random forest* 91,39%, dan kappa 0,88, dengan demikian dapat dikatakan bahwa algoritme *random forest* efektif untuk melakukan klasifikasi tutupan lahan dengan menggunakan citra satelit Sentinel-2.

Kata Kunci : *machine learning*, NDVI, penginderaan jauh, *random forest*, Sentinel-2

Abstract

The current remote sensing technology has produced various advantages, one of which is land cover classification. This technique is effective in land cover monitoring because of its ability to provide spatial information on the surface of the earth quickly, broadly, precisely and easily. The vegetation index obtained based on remote sensing is a fairly simple and effective method for quantitative and qualitative evaluation of cover, strength, and vegetation growth dynamics. The vegetation index using reflections from vegetation that is commonly used to evaluate vegetation quality is the normalized difference vegetation index (NDVI). Land cover classification analysis is performed with NDVI and random forest algorithms. The random forest algorithm is one of the supervised machine learning algorithms which can be used in classifying pixels in land cover classification classes. This research is aimed at classifying land cover of Sentinel-2 satellite images using NDVI and random forest algorithms. The result of this research is that the NDVI value $-0.3 - 0.91$ and the random forest algorithm accuracy is 91.39%, and Kappa 0.88. In conclusion, it can be said that random forest algorithms is effective to perform land cover classification by using Sentinel-2 satellite images

Key Words : *machine learning*, NDVI, remote sensing, *random forest*, Sentinel-2

1. PENDAHULUAN

Klasifikasi citra multispektral telah lama menarik perhatian pada peneliti dan praktisi penginderaan jauh karena hasil klasifikasi piksel adalah langkah penting untuk analisis citra dalam memperoleh informasi [1]. Informasi pemetaan tutupan

lahan terbaru sangat diperlukan dalam perencanaan pembangunan dan pemantauan lingkungan [2] sehingga informasi penting dapat diekstraksi ke pemerintah daerah atau pemangku kepentingan [3].

Informasi tutupan lahan terbaru berupa peta dapat diperoleh melalui teknik penginderaan jauh [4]. Teknologi penginderaan jauh telah dikembangkan dengan sensor baru berkinerja tinggi dengan resolusi spasial, spektral, dan temporal yang lebih tinggi [5]. Penggunaan citra satelit dalam deteksi penutupan lahan telah banyak digunakan karena memiliki resolusi temporal yang baik dan cakupan wilayahnya yang luas. Salah satu citra satelit yang dapat digunakan untuk mendapatkan informasi penutupan dan penggunaan lahan adalah citra satelit sentinel-2 [6]. Sentinel-2 memiliki informasi spektral dengan 13 band termasuk panjang gelombang inframerah tampak, inframerah dekat, tepi merah, dan gelombang pendek dengan resolusi spasial yang berbeda yaitu 4 band beresolusi 10 m, 6 band beresolusi 20 m, dan 3 band beresolusi spasial 60 m dengan area sapuan 290 km [7].

Penggunaan teknologi peninderaan jauh sudah banyak digunakan untuk menganalisis vegetasi. Hal ini dikarenakan kemampuan citra memiliki banyak keuntungan seperti resolusi temporal yang baik dan dapat digunakan untuk cakupan wilayah yang luas dalam waktu yang singkat. Terdapat banyak citra yang dapat digunakan untuk menganalisis vegetasi, namun hal tersebut disesuaikan dengan kebutuhan [8]. Indeks vegetasi adalah transformasi pita spektral dari spektrum elektromagnetik, diukur sebagai pantulan dari permukaan bumi oleh satelit pengamat bumi [9]. NDVI digunakan untuk memanfaatkan informasi yang terkandung dalam reflektansi atau pancaran kanopi merah dan inframerah dekat (NIR) [10].

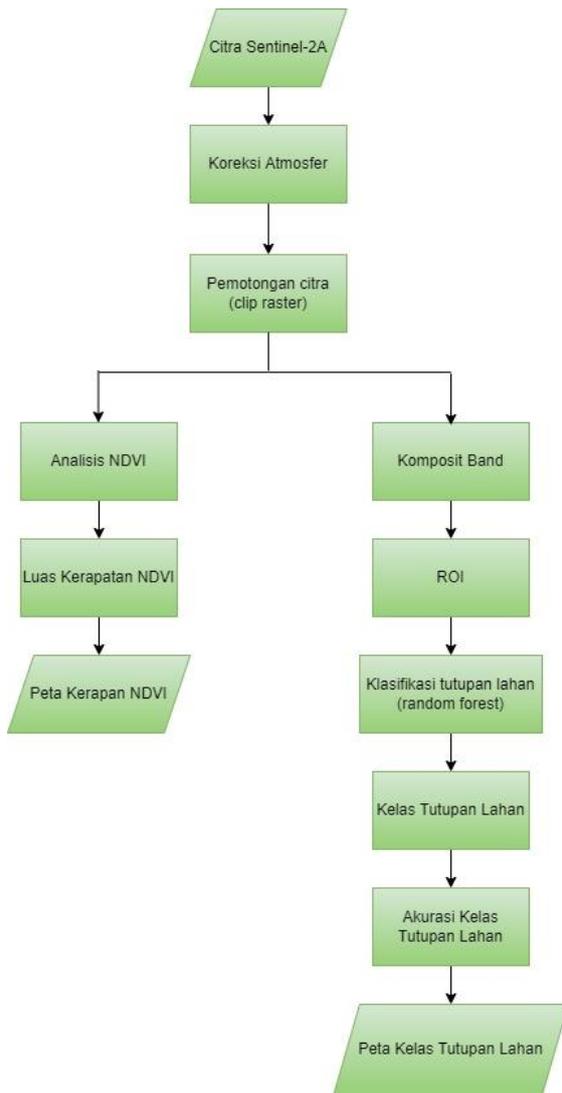
Algoritme *random forest* telah digunakan di banyak aplikasi data mining, namun potensinya belum sepenuhnya dieksplorasi untuk menganalisis citra penginderaan jauh [1]. Algoritme *random forest* adalah algoritme pembelajaran yang didasarkan

pada ansambel pohon keputusan yang terdiri dari sejumlah besar pohon, komponen *bootstrap* individu berarti bahwa setiap pohon individu diambil dari kumpulan pengamatan yang disampel secara acak dengan penggantian dari data pelatihan [3].

Penelitian ini menggunakan data berupa citra sentinel-2A. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan klasifikasi menggunakan metode NDVI dan algoritme *random forest* pada citra sentinel-2A. Hasil klasifikasi diperoleh peta tutupan lahan Kabupaten Kuningan yang dapat digunakan untuk berbagai kajian misalnya kajian penggunaan tutupan lahan.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian terdiri dari 5 tahapan yaitu studi pendahuluan, pengumpulan data, pra-proses data, analisis NDVI, analisis klasifikasi citra dengan algoritme Random Forest dan akurasi. Diagram alur tahapan penelitian seperti pada Gambar 1. di bawah ini:



Gambar 1. Diagram Alur Tahapan Penelitian

Bahan dan Alat Penelitian

Studi kasus sebagai sampel pada penelitian ini adalah wilayah Kabupaten Kuningan berupa peta batas wilayah Kabupaten Kuningan dan citra sentinel-2 Kabupaten Kuningan. Citra Sentinel-2 Kabupaten Kuningan tanggal 21 April 2021 L1C_T49MBN_A030445_20210421T025 916 Citra Sentinel-2 diunduh dari website: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Karakteristik *bands* pada Sentinel-2 disajikan pada Tabel 1.

Alat yang digunakan dalam pengolahan citra adalah perangkat komputer perangkat lunak Qgis 3.16.7 dengan *semi automatic classification plugin* (SCP) dan SNAP.

Tabel 1. Karakteristik Bands Sentinel-2

Band	Spektrum	Panjang gelombang (µm)	Resolusi spasial (m)
1	Coastal Aerosol	0.433 – 0.453	60
2	Blue	0.458 – 0.523	10
3	Green	0.543 – 0.578	10
4	Red	0.650 – 0.680	10
5	Vegetation Red Edge1	0.698 – 0.713	20
6	Vegetation Red Edge2	0.733 – 0.748	20
7	Vegetation Red Edge3	0.765 – 0.785	20
8	NIR	0.785 – 0.900	10
8A	Vegetation Red Edge4	0.855 – 0.875	20
9	Water Vapour	0.855 – 0.875	60
10	SWIR-Cirus	1.365 – 1.385	60
11	SWIR1	1.565 – 1.655	20
12	SWIR2	2.100 – 2.280	20

Sumber: [11]

Bands yang digunakan pada penelitian ini adalah *bands* 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8A, 11 dan 12. *Bands* 1, 9 dan 10 tidak digunakan karena resolusinya rendah yaitu 60 m.

Praproses citra

Pengolahan awal citra dilakukan untuk mengoreksi kesalahan-kesalahan yang terjadi pada waktu proses pengolahan citra. Koreksi yang dilakukan meliputi koreksi geometrik dan radiometrik. Tahap akhir pada pengolahan awal adalah pembatasan wilayah

kajian dengan memotong citra sesuai dengan batas wilayah kajian.

Analisis NDVI

Nilai NDVI mempunyai rentang antara -1 (minus) hingga 1 (positif). Nilai yang mewakili vegetasi berada pada rentang 0.1 hingga 0,7, jika nilai NDVI di atas nilai ini menunjukkan tingkat kesehatan dari tutupan vegetasi yang lebih baik. Rentang nilai kisaran NDVI lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Nilai NDVI diperoleh dari perhitungan [12]:

$$NDVI = \frac{\rho Nir - \rho Red}{\rho Nir + \rho Red} \quad (1)$$

Tabel 2 Kisaran Rentang Kerapatan Vegetasi

Kelas	Tingkat Kerapatan	Kisaran Nilai NDVI
1	Lahan Tidak Bervegetasi	-1 - 0,12
2	Vegetasi sangat rendah	0,12 - 0,22
3	Vegetasi rendah	0,22 - 0,42
4	Vegetasi sedang	0,42 - 0,72
5	Vegetasi tinggi	0,72 - 1

Sumber: [13]

Komposit Band

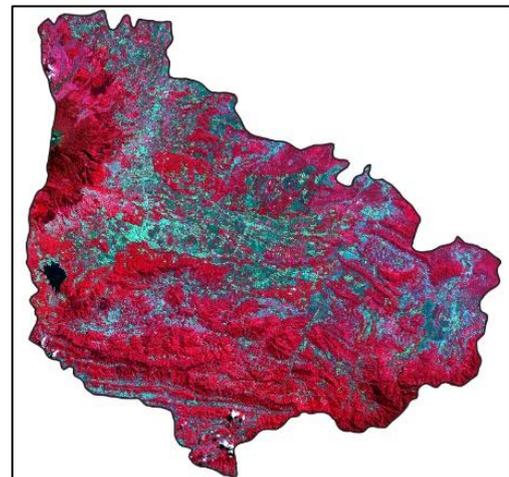
Pada interpretasi visual, identifikasi objek pada citra berwarna akan lebih mudah dilakukan dibandingkan dengan citra hitam putih (*grayscale*). Interpretasi visual dilakukan dengan penyusunan citra komposit. Kombinasi band ditentukan berdasarkan nilai *otimum index faktor* (OIF), yaitu perbandingan antara simpangan baku dan koefisien korelasi pada setiap band yang digunakan [14]. Penyusunan citra komposit menggunakan kombinasi 3 band RGB (*red, green* dan *blue*). Kombinasi 3 band menggunakan kombinasi band 7, band 3 dan band 2 seperti pada Gambar 2. Perhitungan OIF berdasarkan pada persamaan dibawah ini:

$$\frac{\sum_{i=1}^3 S_i}{\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^3 |r_{ij}|} = \frac{S_i + S_j + S_k}{|r_{ij}| + |r_{ik}| + |r_{jk}|} \quad (2)$$

dimana OIF = *optimum index factor*, S_i , S_j dan S_k = simpangan baku nilai reflektansi band i, j, k dan r_{ij} , r_{ik} dan r_{jk} = koefisien korelasi antar band. Jumlah kombinasi 3 band dari 10 band yang digunakan ditentukan dengan persamaan dibawah ini:

$$\binom{N}{3} = \frac{N!}{(3!(N-3)!)} \quad (3)$$

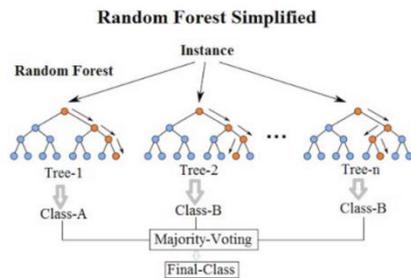
Dimana n = jumlah *band* pada citra yang digunakan untuk dikombinasikan pada susunan 3 *band*.



Gambar 2 Komposit Band 7-3-2 (NIR – Red – Green)

Klasifikasi Tutupan Lahan

Klasifikasi tutupan lahan pada penelitian ini menggunakan algoritme random forest. Pada algoritme random forest ini menghasilkan banyak tree yang digunakan dasar *majority vote*. *Majority vote* digunakan untuk menentukan kelas label di output. Keunggulan dari algoritme *random forest* ini adalah sangat efektif dalam menghadapi masalah *overfitting*, karena *tree* atau *classified* yang dihasilkan oleh random forest dipetakan secara random, sehingga tidak akan berpengaruh oleh *overfitting*. Cara kerja algoritme random forest seperti pada Gambar 3.



Sumber: http://learningbox.coffeecup.com/05_2_randomforest

Gambar 3. Cara Kerja Random Forest

Random forest membuat *subset* dari data saat penginputan data sebanyak iterasi yang dilakukan. *Subset* pertama akan membuat *tree* sendiri (*tree* pertama), *subset* kedua membuat *tree* kedua dan seterusnya berdasarkan iterasi yang dilakukan. *Tree* tersebut akan menghasilkan kelas-kelas tersendiri (*class* A, *class* B) dan akan divoting menggunakan *majority vote* sehingga menghasilkan *final class*. Klasifikasi tutupan lahan ini dilakukan pada *software* Qgis 3.16.7 dengan *semi automatic classification plugin* (SCP) dan SNAP.

Akurasi klasifikasi tutupan lahan

Evaluasi akurasi digunakan untuk melihat tingkat kesalahan yang terjadi pada klasifikasi area kajian sehingga dapat ditentukan besarnya persentase ketelitian pemetaan. Evaluasi ini menguji tingkat keakuratan secara visual dari klasifikasi *machine learning supervised*. Akurasi ketelitian pemetaan dilakukan dengan membuat *confusion matrix* seperti tersaji pada Tabel 3. Akurasi berdasarkan Tabel 3 dapat dihitung antara lain *user accuracy*, *producer accuracy* dan *overall accuracy*.

Tabel 3. Confusion Matrix

Data Referensi	Diklasifikasikan ke dalam kelas					User Accuracy (%)
	A	B	C	D	Total	
A	X_{ii}				X_{i+}	X_{ii}/X_{i+}
B						
C						
D				X_{ii}		
Total Kolom	X_{+i}					
Producer Accuracy	X_{ii}/X_{+i}					

Formula matematis akurasi pada Tabel 3 dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$User\ accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} * 100\% \quad (4)$$

$$Producer\ accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} * 100\% \quad (5)$$

$$Overall\ accuracy = \frac{\sum_i^r X_{ii}}{N} * 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

X_{ii} = nilai diagonal matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i

X_{i+} = jumlah piksel dalam baris ke-i

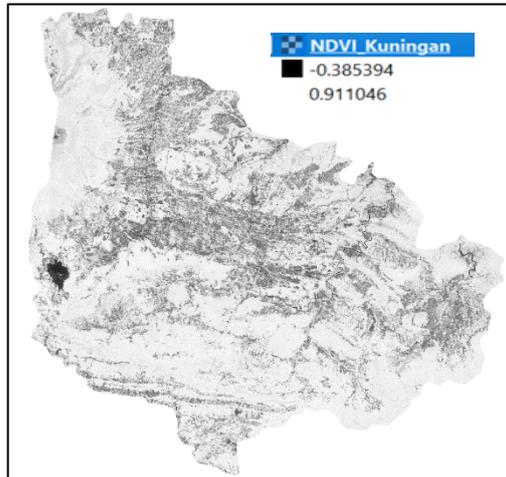
X_{+i} = jumlah piksel dalam kolom ke-i

Analisis kappa digunakan dalam penilaian akurasi untuk menentukan secara statistik nilai signifikansi dengan menggunakan semua informasi dalam *confusion matrix*. Hasil dari analisis kappa adalah nilai statistik Khat (sebuah perkiraan nilai kapp) yang merupakan ukuran lain dari akurasi [14]. Nilai kappa dapat dihirung dengan persamaan [14]:

$$Kappa\ (K) = \frac{N \sum X_{ii} - \sum X_{+i} x X_{i+}}{N^2 - \sum X_{+i} x X_{i+}} \quad (7)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebaran nilai kerapatan vegetasi di Kabupaten Kuningan yang diperoleh berdasarkan analisis NDVI yaitu berada pada rentang -0,38539 hingga 0,911646 seperti pada Gambar 4. Hasil perhitungan tersaji pada Tabel 4.



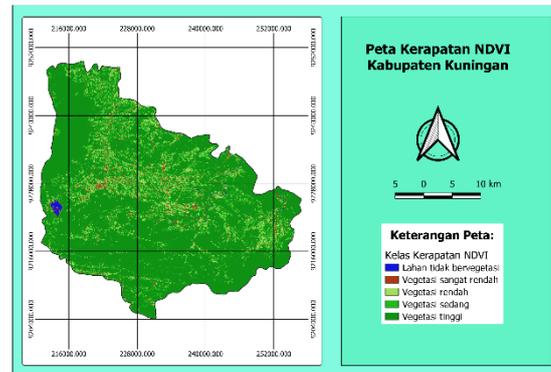
Gambar 4. NDVI Kabupaten Kuningan

Tabel 4. Klasifikasi Nilai NDVI

Nilai NDVI	Kelas	Luas (km)	Persentase (%)
-1 - 0,12	Lahan tidak bervegetasi	4,367	0,36
0,12 - 0,22	Vegetasi sangat rendah	23,022	1,88
0,22 - 0,42	Vegetasi rendah	125,329	10,3
0,42 - 0,72	Vegetasi sedang	152,662	12,5
0,72 - 1	Vegetasi tinggi	916,334	75
Jumlah		1.222	100

Hasil perhitungan NDVI diperoleh nilai NDVI terendah adalah -0,38 dan nilai NDVI tertinggi adalah 0,91. Persebaran nilai NDVI berdasarkan klasifikasi kelas vegetasi menunjukkan bahwa sebagian besar tutupan lahan berupa vegetasi tinggi seluas 916,334 km² atau 75%, dan yang terkecil berupa vegetasi rendah seluas 125,329 km² atau 10,3% dari total luasan wilayah penelitian. Kelas 1 sampai dengan 2 merupakan area yang tidak bervegetasi seperti badan air, pemukiman dan lahan kosong, sedangkan kelas 3 merupakan

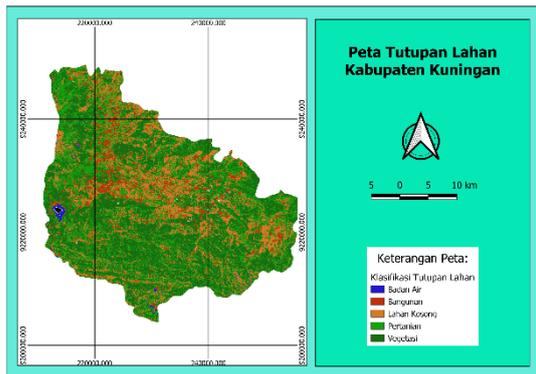
kelas vegetasi rendah seperti semak belukar padang rumput, kelas 4 vegetasi sedang seperti sawah atau pertanian, dan kelas 5 merupakan vegetasi tinggi seperti perkebunan dan hutan. Klasifikasi kelas vegetasi tampak pada Gambar 5.



Gambar 5. Kelas Kerapan Vegetasi

Berdasarkan interpretasi citra Sentinel-2 menggunakan kombinasi band terbaik untuk klasifikasi tutupan lahan, pengamatan kebenaran objek-objek tutupan lahan secara visual. Kelas tutupan lahan pada penelitian ini teridentifikasi 5 kelas tutupan lahan yaitu badan air, bangunan, lahan kosong, pertanian dan vegetasi.

Kenampakan jenis tutupan lahan pada citra ditampilkan dengan warna yang berbeda-beda, yaitu kelas badan air diwakili dengan warna biru, kelas bangunan diwakili dengan warna merah, kelas lahan kosong diwakili dengan warna coklat, kelas pertanian diwakilidengan warna hijau dan kelas vegetasi diwakili dengna warna hijau tua. Hasil klasifikasi tutupan lahan dengan kombinasi band 7-3-2 Sentinel-2 tampak pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta Tutupan lahan Kabupaten Kuningan tahun 2021

Hasil klasifikasi tutupan lahan menunjukkan tutupan lahan didominasi oleh pertanian 32,66% seluas 398,98 km² dan vegetasi 38,59% seluas 471,47 km². Seperti tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Luas dan Persentase Kelas Tutupan Lahan

Kelas	Jumlah Pikel	Persentase (%)	Area (km ²)
Badan Air	75.729	0,62	7,57
Bangunan		6,13	74,88

Tabel 6. Matriks Konfusi Klasifikasi Tutupan Lahan data Sentinel 2 Menggunakan Random Forest

Kelas Klasifikasi	Data referensi (pikel)					User Accuracy (%)
	Badan Air	Bangunan	Lahan Kosong	Pertanian	Lahan Kosong	
Badan Air	10568	0	0	0	0	100
Bangunan	0	1040	0	0	0	100
Lahan Kosong	133	1	1000	7	0	87,64
Pertanian	16	0	0	563	209	71,45
Vegetasi	0	0	0	42	572	93,16
Total Kolom	10717	1041	1000	612	781	
Producer Accuracy	100%	99,97%	100%	89,37%	80,58%	

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat dilihat bahwa teknologi penginderaan jauh dapat digunakan untuk membantu

	748.766		
Lahan Kosong	2.688.221	22,00	268,82
Pertanian	3.989.767	32,66	398,98
Vegetasi	4.714.660	38,59	471,47
Jumlah		100	1.222

Akurasi klasifikasi dan kappa dihitung berdasarkan sample dan matriks konfusi pada hasil klasifikasi citra Sentinel-2 menggunakan algoritme *random forest* tersaji pada Tabel 6. *Overall accuracy* klasifikasi adalah 91,39%, dan kappa 88%. Kelas pertanian memiliki akurasi pengguna yang paling rendah (71,45%). Berdasarkan nilai *overall accuracy* dan kappa memberikan ketelitian yang cukup tinggi karena memenuhi syarat yang ditetapkan oleh USGS yaitu ketelitian interpretasi lebih dari 85% [15][15], sehingga hasil klasifikasi citra Sentinel-2 Kabupaten Kuningan dapat digunakan untuk berbagai macam tujuan.

pekerjaan manusia, diantaranya untuk menganalisis vegetasi dan tutupan lahan. Analisis ini dapat dilakukan oleh berbagai citra salah satunya adalah Sentinel-2.

Metode NDVI yang diterapkan pada citra Sentinel-2 dapat digunakan untuk memperoleh informasi mengenai kerapatan NDVI dan persentase kerapatan NDVI di wilayah kajian. Hasil nilai vegetasi NDVI yang diperoleh yaitu sebesar 0,3 – 0,91. Nilai ini menunjukkan bahwa vegetasi yang berada di daerah Kabupaten Kuningan memiliki kerapatan yang tinggi yaitu 0,91 dan juga memiliki lahan yang tidak bervegetasi (mengandung air) bernilai -0,38.

Hasil klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode algoritme *random forest* menunjukkan nilai akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) 91,39%, dan nilai kappa 0,88. Nilai akurasi tersebut masuk dalam kategori layak dan hasil klasifikasinya dapat digunakan untuk keperluan lainnya. Keunggulan dari algoritme *random forest* adalah sangat efektif dalam mengatasi overfitting, dikarenakan tree atau *classified* yang dihasilkan dilakukan secara *random*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. D. Kulkarni and B. Lowe, "Random Forest Algorithm for Land Cover Classification," *Int. J. Recent Innov. Trends Comput. Commun.*, vol. 4, no. 3, pp. 58–63, 2016.
- [2] S. H. Julfazri, Projo Danoedora, "Klasifikasi Tutupan Lahan Data Landsat-8 OLI Menggunakan Metode Random Forest," vol. 03, 2021, [Online]. Available: <https://journal.its.ac.id/index.php/jpji/article/view/266/104>.
- [3] T. Zhang, J. Su, Z. Xu, Y. Luo, and J. Li, "Sentinel-2 satellite imagery for urban land cover classification by optimized random forest classifier," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 2, pp. 1–17, 2021, doi: 10.3390/app11020543.
- [4] R. M. Sampurno and A. Thoriq, "Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) Di Kabupaten Sumedang," *J. Teknotan*, vol. 10, no. 2, pp. 61–70, 2016, doi: 10.24198/jt.vol10n2.9.
- [5] Y. Huang, Z. xin CHEN, T. YU, X. zhi HUANG, and X. fa GU, "Agricultural remote sensing big data: Management and applications," *J. Integr. Agric.*, vol. 17, no. 9, pp. 1915–1931, 2018, doi: 10.1016/S2095-3119(17)61859-8.
- [6] R. Awaliyan and Y. B. Sulistyoadi, "Klasifikasi Penutupan Lahan Pada Citra Satelit Sentinel-2a Dengan Metode Tree Algorithm," *ULIN J. Hutan Trop.*, vol. 2, no. 2, pp. 98–104, 2018, doi: 10.32522/u-jht.v2i2.1363.
- [7] C. Li, L. Zhou, and W. Xu, "Estimating aboveground biomass using sentinel-2 msi data and ensemble algorithms for grassland in the shengjin lake wetland, China," *Remote Sens.*, vol. 13, no. 8, 2021, doi: 10.3390/rs13081595.
- [8] E. S. Putri, A. Widiyari, R. A. Karim, L. Somantri, and R. Ridwana, "Pemanfaatan Citra Sentinel-2 Untuk Analisis Gunung Manglayang," *J. Jur. Pendidik. Geogr.*, vol. 9, no. 2, pp. 133–143, 2021.
- [9] J. P. Angerer, "Technologies, tools and methodologies for forage evaluation in grasslands and rangelands," *Natl. Feed Assessments*, p. 165, 2012.
- [10] H. Fang and S. Liang, *Leaf Area Index Models*, no. January. Elsevier Inc., 2014.
- [11] esa, *Sentinel-2 User Handbook*, no. 1. 2015.
- [12] J. Xue and B. Su, "Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications," *J. Sensors*, vol. 2017, 2017, doi: 10.1155/2017/1353691.

- [13] R. Awaliyan and Y. B. Sulistyoadi, "Klasifikasi Penutupan Lahan Pada Citra Satelit Sentinel-2a Dengan Metode Tree Algorithm," *ULIN J. Hutan Trop.*, vol. 2, no. 2, pp. 98–104, 2018, doi: 10.32522/ujht.v2i2.1363.
- [14] D. Kosasih, M. B. Saleh, and L. B. Prasetyo, "Interpretasi Visual dan Digital untuk Klasifikasi Tutupan Lahan di Kabupaten Kuningan, Jawa Barat," *J. Ilmu Pertan. Indones.*, vol. 24, no. 2, pp. 101–108, 2019.
- [15] A. T. Rizky Mulya Sampurno, "Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) Di Kabupaten Sumedang (Land Cover Classification using Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) Data in Sumedang Regency)," *J. Teknotan*, vol. 10, no. 2, 2016.