

ANALISIS PERUBAHAN LUAS LAHAN HIJAU DI KOTA BOGOR DENGAN CITRA LANDSAT 8 MENGGUNAKAN *NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX*

Asep Denih^{*1}, Irma Anggraeni², Runanto³

^{1,2,3} Universitas Pakuan, Bogor

Email: ¹asep.denih@unpak.ac.id, ²irmairhamna@unpak.ac.id, ³runanto72@gmail.com

^{*}Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 31 Januari 2024, diterima untuk diterbitkan: 22 November 2024)

Abstrak

Kota Bogor adalah salah satu daerah di Provinsi Jawa Barat yang mempunyai laju pertumbuhan penduduk yang meningkat. Jumlah penduduk yang semakin bertambah tentu saja mempengaruhi bertambahnya kebutuhan manusia akan penggunaan lahan untuk prasarana seperti permukiman, sosial ekonomi dan jasa. Penggunaan lahan untuk prasarana sangatlah berdampak terhadap berkurangnya lahan pertanian dan hutan yang secara otomatis dapat mengurangi tingkat kerapatan vegetasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan luas lahan hijau di Kota Bogor dari tahun 2015 hingga tahun 2020 dengan citra *landsat 8* menggunakan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Pada penelitian ini menggunakan data citra *landsat 8 collection 2 level 2* dari tahun 2015 hingga tahun 2020 dengan *path* sebesar 122 dan *row* sebesar 45 sebanyak 137 citra dan peta administrasi Kota Bogor. Dari 137 citra diperoleh 7 citra tanpa awan yang dilakukan proses analisis perhitungan nilai NDVI untuk mengetahui luas wilayah vegetasi dan wilayah tanpa vegetasi. Proses klasifikasi nilai NDVI untuk kelas vegetasi dan tanpa vegetasi dilakukan menggunakan metode ambang batas (*threshold*). Berdasarkan proses penelitian yang telah dilakukan untuk luas wilayah vegetasi di Kota Bogor dari tahun 2015 - 2020 mengalami kenaikan sebesar 4,46 Km² dengan laju perubahan lahan sebesar 14,4%. Kenaikan luas wilayah vegetasi yang terbesar terjadi di kecamatan Bogor Selatan dengan laju perubahan lahan sebesar 4,7% relatif terhadap Kota Bogor dengan perubahan lahan sebesar 1,45 Km².

Kata kunci: vegetasi, penginderaan jauh, NDVI

ANALYSIS OF CHANGES IN GREEN LAND AREA IN BOGOR CITY WITH LANDSAT 8 IMAGERY USING *NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX*

Abstract

Bogor City is one of the areas in West Java Province that has an increasing population growth rate. The growing population certainly affects the increasing human need for land use for infrastructure such as settlements, socio-economic and services. The use of land for infrastructure has a significant impact on the reduction of agricultural land and forests, which can automatically reduce the level of vegetation density. This study aims to analyze the changes in green land area in Bogor City from 2015 to 2020 with Landsat 8 imagery using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and in this study using Landsat 8 collection 2 level 2 image data from 2015 to 2020 with a path of 122 and a row of 45, as many as 137 images and administrative maps of Bogor City. Of the 137 images, seven cloudless photos were obtained by the NDVI value calculation process to determine the area of vegetation and the non-vegetation regions. The process of classifying NDVI values for vegetation and non-vegetation classes is carried out using the threshold method. Based on the research process that has been carried out for the area of vegetation in Bogor City from 2015 - 2020, it has increased by 4,46 Km² with a land change rate of 14.4%. The most significant increase in vegetation area occurred in the South Bogor sub-district with a land change rate of 4.7% compared to Bogor City with a land change of 1,45 Km².

Keywords: vegetation, change, remote sensing, NDVI

1. PENDAHULUAN

Kota Bogor merupakan salah satu daerah yang memiliki laju pertumbuhan penduduk yang

meningkat di Provinsi Jawa Barat. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) pada bulan September 2020 di Kota Bogor terdapat 1.043.070 jiwa penduduk dengan laju pertumbuhan 0,98 persen dan tingkat

kepadatan penduduk 8.80 jiwa per km². Jumlah penduduk yang semakin bertambah tentu saja mempengaruhi bertambahnya kebutuhan manusia terhadap penggunaan lahan seperti lahan untuk fasilitas sarana prasarana yang meliputi permukiman, sosial ekonomi dan jasa. Penggunaan lahan untuk prasarana sangat berdampak terhadap berkurangnya hutan dan lahan pertanian yang secara otomatis dapat mengurangi tingkat kerapatan vegetasi (Purwanto, 2015).

Berkurangnya tingkat kerapatan vegetasi dapat menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan hidup yang mengakibatkan terjadinya berkurangnya kuantitas serta kualitas oksigen (O₂), dan tingginya suhu permukaan. Terjadinya kenaikan suhu permukaan dan berkurangnya kerapatan vegetasi menjadikan kota gersang, panas dan mengurangi kenyamanan serta estetika wajah kota (Zubair, Tjaronge and Ramli, 2016). Menurut Undang – Undang (UU) Republik Indonesia (RI) Nomor 26 Tahun 2007 pasal 29 mengenai Perencanaan Tata Ruang wilayah Kota, ketersediaan kawasan ruang terbuka hijau (RTH) pada suatu wilayah kota paling sedikit 30 persen dari luas wilayah kota. Disamping itu, Kota Bogor menargetkan pengembangan luas RTH sampai tahun 2031 sebesar 32,15 persen dari luas wilayah kota yang sudah tertuang pada Peraturan Daerah (PERDA) Kota Bogor No. 8 Tahun 2011 Kota Bogor. Perubahan luas ruang terbuka hijau menjadikan tingkat kerapatan vegetasi semakin bertambah. Proses mengidentifikasi ruang terbuka hijau dilakukan dengan melakukan pelaporan lahan yang sudah memiliki sertifikat kepada Badan Keuangan Aset dan Daerah (BKAD).

Seiring perkembangan teknologi yang semakin pesat, tingkat kerapatan vegetasi dapat dikaji menggunakan teknologi yaitu penginderaan jauh (*remote sensing*). Penginderaan jauh ialah suatu teknologi yang digunakan dalam memperoleh fenomena alam atau informasi melalui suatu analisis data yang didapatkan dari hasil rekaman suatu objek, fenomena dan daerah yang dikaji (Yudistira, Meha and Prasetyo, 2019). Perkembangan teknologi penginderaan jauh pada saat ini sudah semakin berkembang dan juga canggih, sehingga mampu mendeteksi pola sebaran vegetasi, kerapatan vegetasi serta luas vegetasi pada suatu wilayah dengan menggunakan teknik NDVI. Teknik NDVI ialah sebuah teknik atau metode transformasi citra penajaman spektral yang dapat digunakan untuk menganalisis hal – hal atau fenomena yang berkaitan dengan vegetasi (Andini, Prasetyo and Sukmono, 2018).

Beberapa penelitian yang terkait penggunaan teknik NDVI diantaranya sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya (Nailufar, Syahadat and Ameliawati, 2017) yang menghasilkan 4 kelas kerapatan vegetasi terdiri dari: 1) salju, awan es, dan awan air; 2) lahan kosong dan batuan; 3) semak belukar dan padang rumput; 4) hutan hujan tropis dan

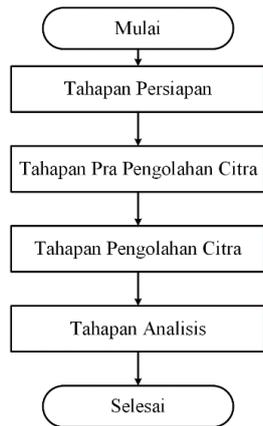
hutan daerah hangat. Dari analisis peta NDVI terjadi perubahan area hijau atau vegetasi di Kota Baru periode 2003 sampai dengan 2018 yang dipengaruhi oleh kerapatan vegetasi. Tahun 2003 Kota baru didominasi oleh ilalang dan semak seluas 7.978,22 hektar atau sebesar 40,06 persen luas Kota Baru. Sedangkan tahun 2018 masih didominasi ilalang dan semak namun menurun menjadi 3945,82 hektar atau sebesar 42,94 persen luas Kota Baru.

Penelitian terkait (Lakshita *et al.*, 2019) sudah dilakukan dan menghasilkan tiga jenis klasifikasi tutupan lahan yaitu perairan dan tutupan lahan non-vegetasi yang memiliki tingkatan kerapatan dari -1 sampai 0, tegalan dan permukiman dengan tingkat kerapatan dari 0 sampai 0,25 dan tegalan sawah dengan tingkat kerapatan dari 0,25 sampai 0,55. Penelitian ini menggunakan citra *landsat* 8 sebanyak dua citra yang meliputi citra *landsat* 8 pada tahun 2019 dan citra *landsat* 8 pada tahun 2013 yang digunakan untuk melihat perubahan lahan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan telah terjadi penurunan sebesar 0,05 persen pada tutupan lahan sawah, terjadi penurunan sebesar 0,24 persen pada tutupan non-vegetasi, dan terjadi peningkatan sebesar 0,01 persen untuk lahan permukiman.

Berdasarkan permasalahan dan penelitian yang sudah diuraikan sebelumnya maka pada penelitian ini akan dilakukan analisis perubahan luas lahan hijau di Kota Bogor dari tahun 2015 hingga 2020 dengan citra *landsat* 8 menggunakan metode NDVI. Hasil analisis ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan atau bahan rujukan bagi Dinas Tata Ruang dan Permukiman (DITATAKIM) dalam melakukan pengendalian dan penyusunan kebijakan tata ruang serta untuk proses perizinan bangunan periode atau tahun yang akan datang. Hasil analisis ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam proses persiapan pemberian izin dan perencanaan, sehingga tidak berdampak negatif bagi lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan pada penelitian sebelumnya (Andini, Prasetyo and Sukmono, 2018; Sitorus, Sukmono and Bashit, 2019) yaitu menggunakan metode penelitian *spatial analysis*. Tahapan penelitian pertama ialah persiapan yang meliputi pengumpulan data dan studi literatur, lalu melakukan proses pra-pengolahan data untuk melakukan pemilihan data dan pembersihan data. Proses pengolahan citra yang dilakukan adalah menentukan *point of interest* (PoI), mencari nilai *reflectance* sesuai dengan titik koordinat PoI, dan menghitung Nilai NDVI. Tahapan analisis merupakan proses terakhir pada penelitian yang meliputi analisis hasil pengolahan citra; menyajikan hasil dari proses NDVI; melakukan perhitungan luas wilayah vegetasi dan luas wilayah tanpa vegetasi; dan uji akurasi. Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Tahapan Persiapan

Tahapan ini merupakan proses paling awal pada penelitian yang meliputi pengumpulan data dan studi literatur. Studi literatur adalah studi yang bertujuan untuk memahami materi yang diteliti. Sumber literatur berupa buku, jurnal, penelitian terdahulu dan internet. Proses Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai data spasial sebagai sumber data utama dalam pengolahan data penelitian. Penelitian ini menggunakan data spasial berupa citra *landsat 8 collection 2 level 2* yang diperoleh dari web resmi United States Geological Survey (USGS) dan peta administrasi Kota Bogor yang di peroleh dari Badan Geospasial Indonesia (BIG).

2.2. Tahapan Pra Pengolahan Citra

Tahapan ini merupakan proses untuk melakukan pemilihan data dan juga pembersihan data, seperti awan dan bayangan yang menutupi citra *landsat 8*. Tahapan pra pengolahan citra meliputi: kombinasi kanal; kalibrasi radiometrik; overlay dan pemotongan citra; dan penghapusan awan dan bayangannya (*cloud masking*).

2.2.1. Kombinasi Kanal

Kombinasi Kanal adalah citra baru yang dihasilkan dari menggabungkan 3 kanal (*band*) yang menampilkan warna target yang sama dengan aslinya (Hamka and Adiputra, 2018).

2.2.2. Kalibrasi Radiometrik

Koreksi radiometrik adalah suatu proses yang berfungsi sebagai proses perbaikan nilai piksel supaya sesuai dengan data seharusnya dengan mempertimbangkan beberapa hal seperti faktor gangguan atmosfer serta untuk menghilangkan kesalahan radiometrik yang diakibatkan dari bagian eksternal yang berupa gangguan atmosfer pada proses perekaman. Koreksi radiometrik dapat dibedakan menjadi menjadi dua tahapan meliputi koreksi radiometrik dan kalibrasi radiometrik. Kalibrasi radiometrik merupakan suatu proses mengkonversi nilai piksel citra asli dari *digital number* menjadi nilai *radiance* atau *reflectance* dan mengkonversi menjadi

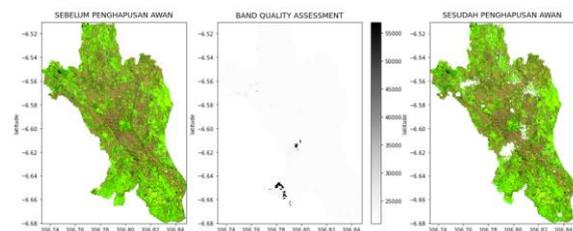
brightness temperature untuk kanal thermal (Kanal 11 dan Kanal 12) (Sitorus, Sukmono and Bashit, 2019).

2.2.3. Overlay dan Pemotongan Citra

Overlay adalah suatu teknik menyusun suatu grafis pada peta diatas grafis peta lainnya untuk mendapatkan informasi baru (Darmawan, Haniah and Suprayogi, 2017). Pada tahap ini dilakukan *overlay* pada citra hasil koreksi radiometrik dengan data daerah penelitian berupa peta administrasi Kota Bogor. Setelah dilakukan proses *overlay*, pada tahapan ini dilakukan proses pemotongan citra pada citra hasil *overlay*. Tujuan dari pemotongan citra adalah untuk memotong citra supaya sesuai dengan daerah penelitian yaitu Kota Bogor.

2.2.4. Penghapusan Awan dan Bayangan (*Cloud Masking*)

Cloud masking merupakan suatu proses untuk mendeteksi awan pada daerah yang terlihat memiliki awan dan bayangannya. Proses menghilangkan awan dilakukan menggunakan *band quality assessment* (BQA). BQA adalah suatu kanal yang dibuat oleh *landsat* yang berguna untuk mendeteksi anomali pada data seperti salju, awan dan bayangannya (Sinabutar, Sasmito and Sukmono, 2020). Klasifikasi awan, bayangan awan, dan area bersih pada BQA didasarkan pada interpretasi piksel BQA yang telah dikonversi ke bentuk biner. Nilai BQA yang telah dikonversi dari *decimal* ke biner dianalisis pada bit 3 (awan), bit 4 (bayangan awan), dan bit 9 (diperkirakan kuat awan). Urutan biner didasarkan pada posisi kanan ke kiri dan diawali oleh bit 0. Nilai 1 pada analisis bit 3, bit 4, dan bit 9 berarti piksel terdeteksi sebagai awan, bayangan awan dan diperkirakan kuat awan. Sedangkan, nilai 0 berarti piksel tersebut bukan awan maupun bayangan awan. Hasil dari analisis 3 bit biner selanjutnya dilakukan proses logika OR. Hasil operasi logika OR dari analisis 3 bit biner dijadikan acuan untuk menghapus piksel pada indeks yang sama di *band* lain. Indeks yang sama dengan nilai 1 pada BQA dijadikan *Not a Number* (NaN). Proses penghapusan awan dan bayangan awan berdasarkan analisis piksel BQA ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Penghapusan Awan dan Bayangan

Pada Gambar 2, terlihat piksel BQA yang terbaca sebagai awan berwarna abu – abu tua. Sedangkan, piksel BQA yang terbaca sebagai bayangan awan berwarna hitam. Setelah awan dan

bayangannya dihilangkan terlihat piksel citra analisis vegetasi berwarna putih menandakan piksel tersebut bernilai NaN.

2.3. Tahapan Pengolahan Citra

Proses pengolahan citra meliputi sebagai berikut:

- 1) Menentukan *Point of Interest* (PoI). Untuk mencari rentang nilai NDVI pada tiap kelas ditentukan 20 PoI untuk kelas vegetasi dan 20 PoI untuk kelas tanpa vegetasi yang diperoleh dari *google maps*.
- 2) Mencari nilai *reflectance* sesuai dengan titik koordinat PoI pada *band 6*, *band 5*, dan *band 4*.
- 3) Menghitung nilai NDVI. NDVI merupakan metode atau teknik menghitung perbandingan refleksi dari vegetasi (*near infrared*) dan refleksi yang diserap oleh vegetasi (*red light*) untuk menghitung kuantitas pada vegetasi. Nilai NDVI memiliki jarak antara -1 sampai dengan 1. Dimana semakin rendah nilai NDVI, maka tingkat kerapatan vegetasi semakin rendah (jumlah vegetasi) (Phanderson, Herwindiati and Mulyawan, 2018). Persamaan untuk menghitung NDVI ditunjukkan pada persamaan 1.

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

Dimana NDVI ialah nilai indeks vegetasi pada suatu daerah; NIR ialah citra *landsat 8 band 5*; dan RED ialah citra *landsat 8 band 4*.

- 4) Menentukan batasan nilai NDVI. Untuk menentukan batasan nilai NDVI antara kelas vegetasi dan kelas tanpa vegetasi dilakukan perhitungan nilai ambang batas (*threshold*) (Januar, Suprayogi and Prasetyo, 2016). Adapun persamaan untuk menghitung nilai ambang batas NDVI ditunjukkan pada persamaan 2.

$$\frac{(\bar{X} + Sx) + (\bar{Y} + Sy)}{2} \quad (2)$$

Dimana \bar{X} ialah nilai rata-rata sebaran nilai indeks kelas X; \bar{Y} ialah nilai rata-rata sebaran nilai indeks kelas Y; Sx ialah standar deviasi pada sebaran nilai indeks kelas X; dan Sy ialah standar deviasi dari sebaran nilai indeks kelas Y.

- 5) Menghitung luas wilayah vegetasi dan tanpa vegetasi. Proses perhitungan luas wilayah vegetasi dan tanpa vegetasi dilakukan dengan mengubah nilai NDVI kelas vegetasi dan tanpa vegetasi ke dalam biner. Nilai NDVI tanpa vegetasi menjadi 0. Sedangkan, nilai NDVI vegetasi menjadi 1. Nilai piksel biner yang didapatkan kemudian dijumlahkan. Hasil dari penjumlahan dari setiap piksel biner diproses dengan melakukan perkalian dengan standar resolusi spasial citra yang digunakan untuk proses

pengolahan citra. Pada proses pengolahan citra digunakan *band 5* dan *band 4*. Nilai resolusi dari *band 5* dan *band 4* adalah 30 meter x 30 meter atau 900 m² (U.S. Geological Survey, 2019). Untuk menghitung luas wilayah vegetasi dan tanpa vegetasi dapat menggunakan persamaan 3, seperti berikut ini:

$$\text{Luas} = a \times b \quad (3)$$

Dimana a adalah jumlah piksel citra, dan b adalah resolusi *landsat 8* (m²).

Setelah luas wilayah vegetasi dan tanpa vegetasi didapatkan kemudian luas wilayah dikonversi dari meter (m²) menjadi kilometer persegi (Km²) dengan cara dibagi dengan 1000000.

2.4. Tahapan Analisis

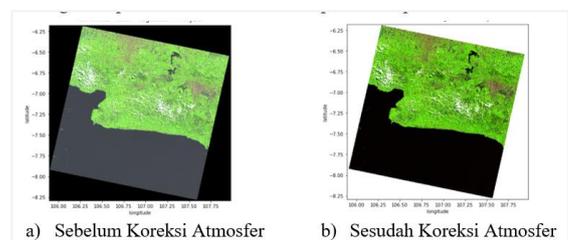
Tahapan analisis adalah proses terakhir yang dilakukan pada penelitian yang meliputi analisis hasil pengolahan citra seperti: analisis hasil pengolahan citra; menyajikan hasil dari proses NDVI; melakukan perhitungan luas wilayah vegetasi dan tanpa vegetasi; dan uji akurasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan diagram alir penelitian menggunakan metode *spatial analysis*. Maka, sistematika hasil dan pembahasan ini disusun melalui tahapan berikut:

3.1. Pengumpulan Data

Citra *landsat 8* mempunyai resolusi temporal selama 16 hari, sehingga data yang dikumpulkan sebanyak 137 citra dari tahun 2015-2020. Citra *landsat 8* yang diperoleh telah melalui proses koreksi atmosferik oleh USGS. Proses koreksi atmosferik yang telah dilakukan membuat citra yang diperoleh lebih bersih dari pengaruh atmosfer berupa molekul (Rayleigh scattering) yang terekam oleh sensor (U.S. Geological Survey, 2020). Perbedaan citra *landsat 8* sebelum dan sesudah mengalami proses koreksi atmosfer ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbedaan Citra *Landsat 8* Sebelum dan Sesudah Koreksi Atmosferik

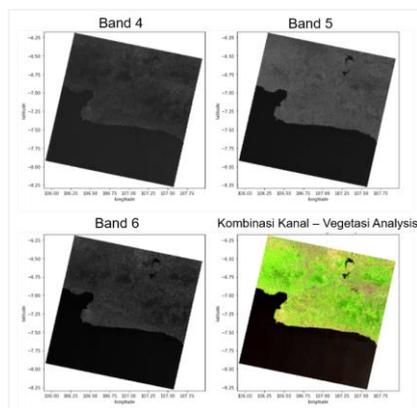
Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui bahwa citra *landsat 8* sebelum terkoreksi atmosfer (citra *landsat 8 collection 1 level 1*) terlihat bayangan putih yang merupakan *noise* yang ditimbulkan *rayleigh scatter* (molekul), hal ini terjadi karena atmosfer

mampu mempengaruhi perjalanan gelombang elektromagnetik dari matahari terhadap objek dan dari objek terhadap sensor yang menyebabkan perbedaan nilai *reflectance* atau *radiance* yang terekam oleh sensor. Nilai *reflectance* atau *radiance* terdiri dari dua macam yaitu *Bottom of Atmosphere* (BoA) dan *Top of Atmosphere* (ToA). BoA ialah nilai *reflectance* atau *radiance* pada objek yang telah mengalami proses koreksi atmosfer. Sedangkan ToA ialah nilai *reflectance* atau *radiance* yang terekam oleh sensor. (Sari, Taufik and Jaelani, 2015). Sedangkan, sesudah koreksi atmosfer terlihat bersih dan tidak ada bayangan putih atau *noise*.

3.2. Pra Pengolahan Citra

3.2.1. Kombinasi Kanal

Pada proses kombinasi kanal menerapkan kombinasi *band* 6, 5, dan 4 untuk menghasilkan hasil berupa vegetasi analisis. Setiap *band* mewakili cahaya yang dipantulkan dari bagian merah, inframerah dekat, dan *Short-Wave Infrared* (SWIR) spektrum elektromagnetik. Kecerahan piksel untuk setiap *band* ketika digabungkan akan menghasilkan warna yang ditunjukkan pada Gambar 4.

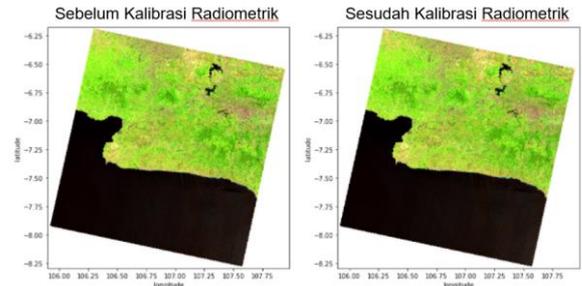


Gambar 4. Hasil Kombinasi Kanal – Analisis Vegetasi

Pada hasil kombinasi kanal pada Gambar 4, terlihat bahwa pada citra *landsat* 8 terlihat wilayah vegetasi, awan, bayangan awan yang terlihat dengan jelas sehingga vegetasi dapat dianalisis lebih lanjut.

3.2.2. Kalibrasi Radiometrik

Pada tahapan penelitian ini dilakukan proses kalibrasi radiometrik terhadap citra *landsat* 8 tahun 2015 – 2020 pada *band* yang akan digunakan yaitu *band* 4, 5, dan 6. Hasil dari proses kalibrasi radiometrik ditunjukkan pada Gambar 5.

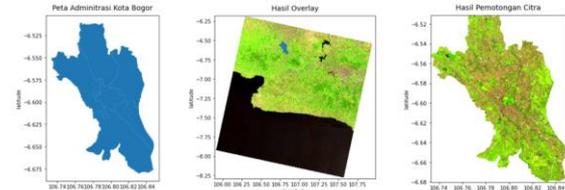


Gambar 5. Perbedaan Citra *landsat* 8 Sebelum dan Sesudah Kalibrasi Radiometrik

Seperti yang terlihat pada Gambar 5, tidak ada perubahan kecerahan warna yang dihasilkan baik sebelum maupun setelah proses kalibrasi radiometrik. Ini terjadi karena proses kalibrasi radiometrik pada *band* 4, 5, 6 hanya mengubah rentang nilai piksel dari 0 – 65535 ke 0 – 1.

3.2.3. Overlay dan Pemotongan Citra

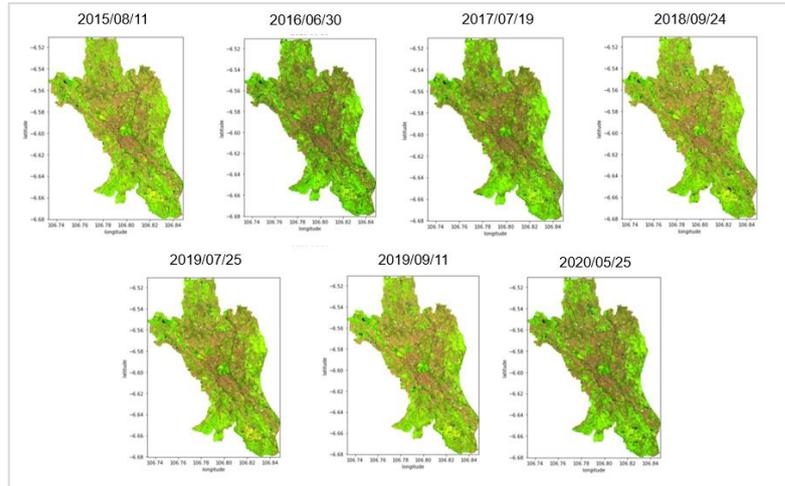
Tujuan dari pemotongan citra adalah supaya citra sesuai dengan wilayah penelitian dan batas administrasi yang berlaku. Sebelum dilakukan pemotongan citra dilakukan proses *overlay* terlebih dahulu menggunakan *shapefile* peta administrasi Kota Bogor. Setelah proses *overlay* dilakukan, citra dipotong berdasarkan citra yang tertutupi oleh peta administrasi Kota Bogor untuk memperoleh citra yang sesuai dengan wilayah penelitian. Hasil dari *overlay* dan pemotongan citra ditunjukkan pada Gambar 6.



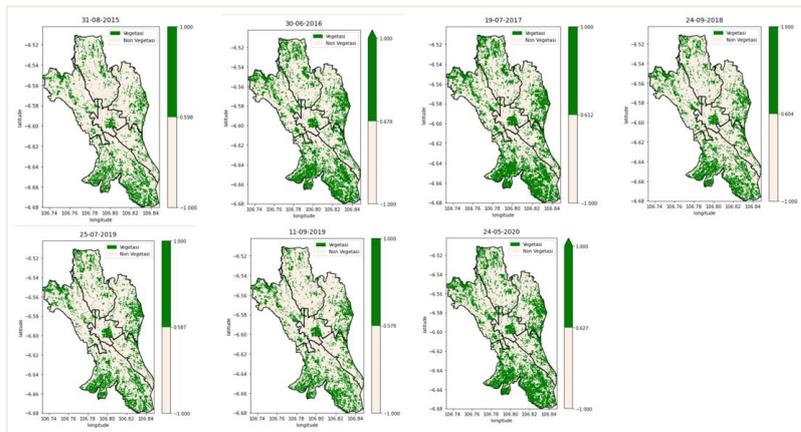
Gambar 6. Hasil *Overlay* dan Pemotongan Citra

3.2.4. Penghapusan Awan dan Bayangan

Proses menghilangkan awan dilakukan menggunakan *band quality assessment* (BQA). BQA adalah suatu kanal yang dibuat oleh *landsat* yang berguna untuk mendeteksi anomali pada data seperti salju, awan dan bayangannya (Sinabutar, Sasmito and Sukmono, 2020). Dari 137 citra diperoleh 7 citra *cloud free* (tanpa awan). 7 citra *cloud free* (tanpa awan) ditunjukkan pada Gambar 7. Berdasarkan Gambar 7, dapat disimpulkan bahwa citra tanpa awan di Kota Bogor terdapat pada citra antara bulan Mei – September. Dimana pada bulan Mei – September merupakan musim kemarau di Indonesia.



Gambar 7. Citra Kota Bogor Cloud Free (Tanpa Awan)



Gambar 8. Peta Sebaran Vegetasi dan Tanpa Vegetasi Kota Bogor

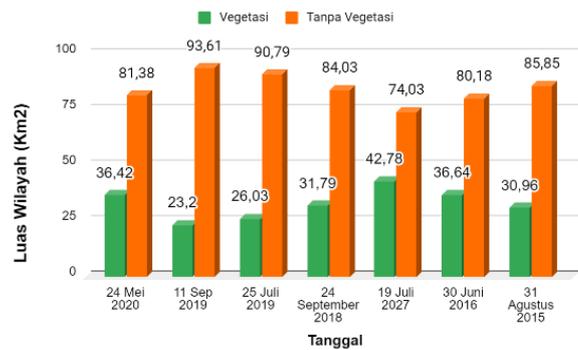
3.3. Analisis Sebaran Vegetasi dan Tanpa Vegetasi

Pada penelitian ini ditentukan dua kelas yang meliputi kelas vegetasi dan kelas tanpa vegetasi. Untuk mencari rentang nilai NDVI pada tiap kelas ditentukan 20 *point of interest* (PoI) untuk kelas vegetasi dan 20 PoI untuk kelas tanpa vegetasi yang diperoleh dari *google maps*. Rentang nilai NDVI adalah -1 sampai 1. Untuk menentukan batasan nilai NDVI antara kelas vegetasi dan kelas tanpa vegetasi dilakukan perhitungan nilai ambang batas (*threshold*). Rentang Nilai NDVI untuk setiap kelas setiap citra ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rentang Nilai NDVI

Waktu	NDVI	
	Tanpa Vegetasi	Vegetasi
2015/08/ 31	-1 - 0,581548	0,581548 - 1
2016/06/30	-1 - 0,700052	0,700052 - 1
2017/07/19	-1 - 0,608423	0,608423 - 1
2018/09/24	-1 - 0,606169	0,606169 - 1
2019/07/25	-1 - 0,614290	0,614290 - 1
2019/09/11	-1 - 0,615412	0,615412 - 1
2020/05/24	-1 - 0,684324	0,684324 - 1

Berdasarkan persamaan 1 yang diterapkan pada Jupyter Notebook menggunakan bahasa pemrograman python serta rentang NDVI yang ditentukan pada Tabel 1. Maka, diperoleh peta sebaran vegetasi yang ditunjukkan Gambar 8. Dari peta sebaran wilayah vegetasi dan tanpa vegetasi Kota Bogor pada Gambar 8, diperoleh luas wilayah sebaran wilayah vegetasi dan tanpa vegetasi Kota Bogor yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Luas Wilayah Vegetasi dan Tanpa Vegetasi Kota Bogor

Tabel 2. Perubahan Lahan Hijau di Kota Bogor

Tahun	Luas Wilayah (Km ²)						
	Kota Bogor	Bogor Barat	Bogor Selatan	Bogor Tengah	Bogor Timur	Bogor Utara	Tanah Sareal
2015-2016	5,673	0,978	1,391	0,078	0,658	1,226	1,341
2016-2017	6,145	1,049	2,416	0,221	0,402	0,915	1,143
2017-2018	-9,991	-1,619	-3,714	-0,197	-0,723	-1,504	-2,233
2018-2019	-9,585	-0,988	-4,442	-0,140	-0,794	-1,235	-1,985
2019-2020	12,218	1,437	5,801	0,291	0,949	1,572	2,169
2015-2020	4,460	0,857	1,451	0,252	0,491	0,975	0,436

Tabel 3. Laju Perubahan Lahan Hijau Terhadap Wilayahnya Sendiri

Tahun	Laju Perubahan (%)						
	Kota Bogor	Bogor Barat	Bogor Selatan	Bogor Tengah	Bogor Timur	Bogor Utara	Tanah Sareal
2015-2016	18,3	19,3	9,9	5,9	30,8	30	31,5
2016-2017	16,8	17,3	15,6	15,8	14,4	17,2	20,4
2017-2018	-23,4	-22,8	-20,8	-12,2	-22,6	-24,1	-33,1
2018-2019	-29,2	-18	-31,3	-9,9	-32,1	-26,1	-44
2019-2020	52,7	32	59,6	22,7	56,6	45	85,9
2015-2020	14,4	16,9	10,3	19,1	23	23,8	10,2

Tabel 4. Laju Perubahan Lahan Hijau Terhadap Kota Bogor

Tahun	Laju Perubahan (%)						
	Kota Bogor	Bogor Barat	Bogor Selatan	Bogor Tengah	Bogor Timur	Bogor Utara	Tanah Sareal
2015-2016	18,3	3,2	4,5	0,3	2,1	4	4,3
2016-2017	16,8	2,9	6,6	0,6	1,1	2,5	3,1
2017-2018	-23,4	-3,8	-8,7	-0,5	-1,7	-3,5	-5,2
2018-2019	-29,2	-3	-13,5	-0,4	-2,4	-3,8	-6,1
2019-2020	52,7	6,2	25	1,3	4,1	6,8	9,3
2015-2020	14,4	2,8	4,7	0,8	1,6	3,1	1,4

3.4. Analisis Perubahan Lahan Hijau

Pada penelitian ini dilakukan analisis perubahan lahan hijau di Kota Bogor, untuk melihat perubahan lahan hijau di Kota Bogor yang ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2., dapat diketahui bahwa perubahan luas wilayah vegetasi dapat dilihat semakin warna hijau pada tabel maka perubahan luas wilayah vegetasi semakin tinggi, sedangkan apabila berwarna merah maka perubahan luas wilayah vegetasi menurun atau berkurang. Luas wilayah vegetasi di Kota Bogor mengalami kenaikan dari tahun 2015 sampai dengan 2020 sebesar 4,460 Km². Dimana, perubahan luas wilayah terbesar terjadi di kecamatan Bogor Selatan sebesar 5,801 Km² pada tahun 2019 sampai dengan 2020. Pada Tabel 3., dapat dilihat laju perubahan wilayah vegetasi relatif terhadap wilayahnya sendiri. Sedangkan pada Tabel 4., menampilkan wilayah vegetasi relatif terhadap wilayah Kota Bogor.

Berdasarkan Tabel 3., dan Tabel 4., dapat diketahui bahwa laju perubahan wilayah vegetasi semakin warnanya hijau pada tabel maka laju perubahan luas wilayah vegetasi semakin tinggi, sedangkan apabila berwarna merah maka laju perubahan luas wilayah vegetasi menurun atau berkurang. Dari tahun 2015 sampai dengan 2020 laju

perubahan wilayah vegetasi di Kota Bogor sebesar 14,40%. Dimana, laju perubahan tertinggi dari tahun 2019 – 2020 sebesar 52,70%. Pada wilayah kecamatan, Tanah Sareal menjadi kecamatan yang mengalami laju perubahan wilayah vegetasi relatif terhadap wilayahnya sendiri sebesar 85,90% pada tahun 2019 sampai dengan 2020. Sedangkan Bogor Selatan menjadi kecamatan yang mengalami laju perubahan wilayah vegetasi relatif terhadap wilayah Kota Bogor sebesar 25% pada tahun 2019 sampai dengan 2020.

3.5. Uji Akurasi dengan Matriks Konfusi

Proses uji akurasi dilakukan dengan membandingkan citra hasil NDVI dengan data referensi. Data referensi yang dibutuhkan merupakan data penggunaan lahan yang sebenarnya yang diperoleh dengan cara melakukan proses mengambil sampel titik-titik koordinat pada daerah penelitian menggunakan perangkat lunak yaitu *Google Earth Pro*. *Google Earth Pro* adalah *Google Earth* versi premium yang mempunyai citra resolusi tinggi yang menampilkan gambar bumi yang mirip dengan aslinya (Utami, Artika and Arisanto, 2018).

Tabel 5. Hasil Uji Akurasi dengan Matriks Konfusi

Kelas Penutupan Lahan		Kelas Aktual (Data Referensi)		Jumlah Piksel	User's Accuracy	Kappa
		Vegetasi (Piksel)	Tanpa Vegetasi (Piksel)			
Kelas Prediksi (Data Hasil NDVI)	Vegetasi (Piksel)	46	4	50	0,92	0
	Tanpa Vegetasi (Piksel)	3	47	50	0,94	0
Jumlah Piksel		49	51	0	0	0
Producer's accuracy		0,93	0,92	0	0,93	
Kappa		0	0	0	0	0,86

Proses uji akurasi dilakukan dengan menguji titik koordinat yang diambil pada *Google Earth Pro* dengan titik citra hasil NDVI apakah memiliki kesamaan untuk daerah penggunaan lahannya atau tidak. Apabila memiliki kesamaan maka akurasi citra klasifikasi dikatakan baik, begitupun sebaliknya. Data hasil perbandingan titik kemudian disajikan ke dalam matriks konfusi. Hasil dari uji akurasi dengan matriks konfusi ditunjukkan pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5, dapat disimpulkan bahwa untuk nilai *producer's accuracy* dan *user's accuracy* semuanya bernilai lebih dari 90% atau 0,90. Namun, masih terdapat beberapa sampel data yang masuk ke dalam kelas yang salah. Menurut (Pinilla, 1995). Tingkat akurasi atau ketelitian analisis citra satelit dengan nilai lebih dari 70% maka hasilnya dianggap *acceptable result* (cukup baik). Oleh karena itu, maka pada penelitian menghasilkan tingkat akurasi yang cukup baik untuk pembacaan hasil citranya. Hasil matriks konfusi untuk nilai *overall accuracy* sebesar 93% atau 0,93. Sedangkan untuk nilai *kappa accuracy* sebesar 86% atau 0,86. Berdasarkan hasil nilai matriks akurasi dapat disimpulkan bahwa nilai *overall accuracy* dapat dikatakan baik karena lebih dari 80% dan *kappa accuracy* lebih dari 85% (Fadilla, Sudarsono and Bashit, 2018). Selain itu, dilakukan juga beberapa percobaan pengujian akurasi dengan menambahkan jumlah titik (piksel) pada setiap percobaannya. Hasil pengujian akurasi dengan beberapa percobaan ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Akurasi dengan Matriks Konfusi

Percobaan	Jumlah Titik (Piksel)	Producer's accuracy	User's accuracy	Overall accuracy	kappa accuracy
1	50	93%	93%	94%	88%
2	100	92%	92%	93%	86%
3	250	93%	93%	94%	88%
4	500	92%	92%	93%	86%
5	1000	93%	93%	94%	88%
Rata-Rata		93%	93%	94%	87%

Dari Tabel 6, dapat diketahui bahwa uji akurasi dilakukan sebanyak 5 percobaan dengan jumlah piksel semakin besar. Hasil uji akurasi rata-rata lebih dari 90% untuk *user's accuracy* dan *producer's accuracy* yang menunjukkan bahwa tingkat akurasi yang sudah cukup baik. Sedangkan, hasil uji akurasi untuk *overall accuracy* menghasilkan akurasi dengan

rata-rata nilainya sebesar 94% dan *kappa accuracy* dengan rata-rata nilainya sebesar 87% yang menunjukkan bahwa hasil tingkat akurasi yang sudah baik.

3.6. Pengujian Perbandingan Hasil Pemrosesan Data pada Jupyter Notebook dan ArcMaps Faktor

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil pemrosesan data yang dilakukan pada *jupyter notebook* menggunakan bahasa pemrograman *python* dengan *Arcgis* merupakan software yang digunakan untuk mengolah data spasial. Adapun hasil yang didapatkan pada pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Hasil Pemrosesan Data pada Jupyter Notebook dan ArcMaps

Waktu	Jupyter Notebook (Bahasa pemrograman python)		Arcgis		Error
	Tanpa Vegetasi (Km ²)	Vegetasi (Km ²)	Tanpa Vegetasi (Km ²)	Vegetasi (Km ²)	
	31/08/2015	85,851	30,9627	85,851	
30/06/2016	80,1765	36,6354	80,1765	36,6354	0%
19/07/2017	74,0331	42,7806	74,0331	42,7806	0%
24/09/2018	84,0285	32,7897	84,0285	32,7897	0%
25/07/2019	90,7884	26,0325	90,7884	26,0325	0%
11/09/2019	93,6099	23,2047	93,6099	23,2047	0%
24/05/2020	81,3807	35,4231	81,3807	35,4231	0%

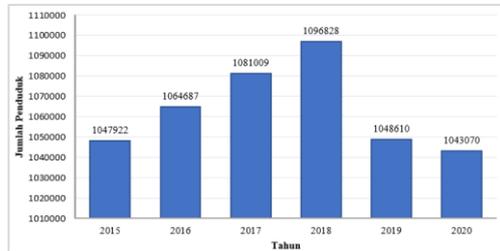
Berdasarkan hasil perbandingan antara *jupyter notebook* dengan *Arcgis* yang di tunjukan pada Tabel 7, pengujian yang dilakukan menunjukkan rata-rata persentase *error* pemrosesan data sebesar 0%. Nilai persentase *error* tersebut menunjukkan apakah hasil pemrosesan data mempunyai keselarasan antara *jupyter notebook* dengan *Arcgis*. Semakin kecil nilai persentase *error* yang didapatkan, maka hasil komputasi semakin baik.

3.7. Perubahan Penggunaan Lahan

Menurut (Lidiawati, Hasibuan and Wijayanti, 2019) perubahan penggunaan lahan dipengaruhi faktor-faktor yang meliputi: perubahan jumlah penduduk, arah kebijakan pemerintahan daerah serta keadaan sosial ekonomi.

3.7.1. Jumlah Penduduk

Faktor Perubahan penggunaan lahan di Kota Bogor salah satunya dipengaruhi oleh perubahan jumlah penduduk. Adapun jumlah penduduk di Kota Bogor ditunjukkan pada Gambar 10.

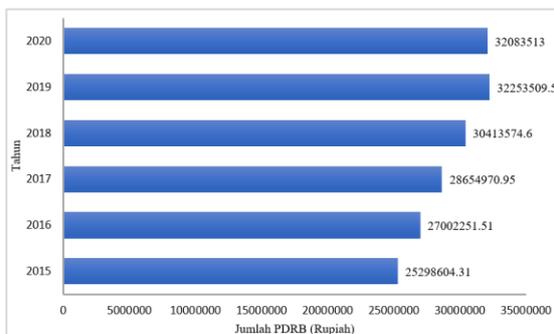


Gambar 10. Perubahan Jumlah Penduduk

Berdasarkan Gambar 10, dapat diketahui bahwa periode 2015 sampai dengan 2020 perubahan jumlah penduduk Kota Bogor mengalami fluktuatif. Faktor terjadinya perubahan jumlah penduduk dipengaruhi dengan faktor alamiah seperti faktor migrasi, kematian dan kelahiran (Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kota Bogor, 2015). Hal ini menyebabkan terjadinya pembangunan permukiman pada lahan kosong yang secara otomatis akan mempengaruhi penutupan lahannya.

3.7.2. Keadaan Sosial Ekonomi

Menurut survei ekonomi yang dilakukan oleh BPS Kota Bogor, Kota Bogor dari tahun 2015 sampai dengan 2020 mengalami pertumbuhan ekonomi. Pertumbuhan ekonomi dalam suatu wilayah dapat dilihat dari pendapatan wilayahnya. Pendapatan wilayah ini mengacu terhadap Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). PDRB adalah total nilai barang dan jasa yang di produksi di suatu wilayah atau regional tertentu dalam kurun waktu tertentu (biasanya satu tahun). Ada 17 sektor dalam Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). Pada tahun 2015 – 2020 17 sektor dalam PDRB mengalami pertumbuhan sebesar 27%. Untuk pertumbuhan sektor dalam PDRB Kota Bogor dapat ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Pertumbuhan PDRB Kota Bogor 2015 – 2020

Dari Gambar 11, dapat disimpulkan bahwa 17 sektor dalam PDRB mengalami pertumbuhan yang signifikan. Pertumbuhan ini menandakan bahwa Kota

Bogor mengalami perkembangan dalam sektor perdagangan dan jasa. Perkembangan dalam sektor perdagangan dan jasa dibarengi dengan terbangunnya pertokoan, pasar, perhotelan atau penginapan, pusat perbelanjaan, koperasi, dan bank. Pembangunan pada sektor perekonomian ini dilakukan pada lahan kosong yang secara otomatis akan mempengaruhi penutupan lahannya.

3.7.3. Arah Kebijakan Pemerintah Daerah

Faktor Perubahan penggunaan lahan di Kota Bogor selain dipengaruhi oleh perubahan jumlah penduduk dipengaruhi oleh arah kebijakan pemerintahan daerah. Arah kebijakan pemerintah daerah ini tentunya akan berpengaruh terhadap penataan ruang wilayah kota. Menurut UURI Nomor 26 Tahun 2007 pasal 29 mengenai Perencanaan Tata Ruang wilayah Kota, ketersediaan kawasan ruang terbuka hijau (RTH) pada suatu wilayah kota paling sedikit 30 persen dari luas wilayah kota. Dalam upaya meningkatkan penataan ruang wilayah kota pemerintah Kota Bogor mengeluarkan PERDA Kota Bogor No. 8 Tahun 2011 Kota Bogor menargetkan pengembangan luas ruang terbuka hijau sampai dengan tahun 2031 sebesar 32,15 persen dari luas wilayah kota. Perubahan luas ruang terbuka hijau menjadikan tingkat kerapatan vegetasi semakin bertambah. Pada tahun 2020 Pemerintah Kota (PEMKOT) Bogor melakukan percepatan penyerahan PSU (Prasarana, Sarana dan Utilitas), penyerahan lahan fasilitas ekonomi dan fasilitas sosial dari pengembang yang saat ini baru 70 pengembang atau sebesar 60 persen dari 120 pengembang. Hal ini guna untuk memaksimalkan RTH di Kota Bogor yang saat ini baru mencapai 18 persen (Saudale, 2021).

Dari ketiga faktor perubahan penggunaan lahan, perubahan jumlah penduduk dan pertumbuhan sosial ekonomi mengakibatkan peningkatan penggunaan lahan untuk sarana dan prasarana seperti perumahan, pemukiman, sarana perdagangan dan jasa. Pemerintah Kota Bogor mengeluarkan PERDA Nomor 08 Tahun 2011 Kota Bogor menargetkan pengembangan luas ruang terbuka hijau sampai pada tahun 2031 sebesar 32.15 persen dari luas wilayah kota. Dengan adanya kebijakan ini lahan hijau dapat terkendali, dimana pada tahun 2020 RTH di Kota Bogor mencapai 18 persen (Saudale, 2021). Sehingga dapat disimpulkan bahwa dari ketiga faktor perubahan lahan mengalami korelasi dengan hasil analisis perubahan lahan hijau di Kota Bogor yang mengalami kenaikan dari tahun 2015 sampai dengan 2020.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan proses penelitian yang telah dilakukan untuk luas wilayah vegetasi di Kota Bogor dari tahun 2015 sampai dengan 2020 mengalami kenaikan sebesar 4,46 Km² dengan laju perubahan lahan sebesar 14,4%. Kenaikan luas wilayah vegetasi

yang terbesar terjadi di kecamatan Bogor Selatan dengan laju perubahan lahan hijau sebesar 4,7% relatif terhadap Kota Bogor dengan perubahan lahan sebesar 1,45 Km². Pada penelitian ini dilakukan uji akurasi dengan matriks konfusi. Hasil matriks konfusi untuk nilai *overall accuracy* sebesar 93% atau 0,93. Sedangkan untuk nilai *kappa accuracy* sebesar 86% atau 0,86. Berdasarkan hasil nilai matriks akurasi dapat disimpulkan bahwa nilai *overall accuracy* dapat dikatakan baik karena lebih dari 80% dan *kappa accuracy* lebih dari 85%. Pada matriks konfusi juga dilakukan lima percobaan yang menghasilkan akurasi rata-rata lebih dari 90% untuk *producer's accuracy* dan *user's accuracy* yang menunjukkan bahwa pada penelitian ini tingkat akurasi berdasarkan pembacaan hasil citra sudah cukup baik. Sedangkan, pada hasil uji akurasi *overall accuracy* menghasilkan akurasi dengan rata-rata nilainya sebesar 94% dan *kappa accuracy* dengan rata-rata nilainya sebesar 87% yang menunjukkan bahwa tingkat akurasi yang sudah baik. Perubahan penggunaan lahan di Kota Bogor dipengaruhi faktor-faktor yang meliputi: perubahan jumlah penduduk, arah kebijakan pemerintahan daerah serta keadaan sosial ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

- ANDINI, S.W., PRASETYO, Y. AND SUKMONO, A., 2018. Analisis Sebaran Vegetasi Dengan Citra Satelit Sentinel Menggunakan Metode NDVI Dan Segmentasi. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), pp.14–24.
- BADAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP KOTA BOGOR, 2015. *Buku Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah (SLDH) Kota Bogor - Provinsi Jawa Barat 2015*.
- DARMAWAN, K., HANIAH, H. AND SUPRAYOGI, A., 2017. Analisis Tingkat Kerawanan Banjir Di Kabupaten Sampang Menggunakan Metode Overlay Dengan Scoring Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), pp.31–40.
- FADILLA, R., SUDARSONO, B. AND BASHIT, N., 2018. Analisis Kesesuaian Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Rencana Tata Ruang/Wilayah Di Kecamatan Penjaringan Kota Administratif Jakarta Utara Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), pp.192–201.
- HAMKA, H. AND ADIPUTRA, H., 2018. Tipe Dan Luas Distribusi Tutupan Vegetasi Berdasarkan Zona Suhu Menggunakan Citra Landsat 8 Di Kawasan Hutan. *J. ForestSains*, 15(2), pp.100–105.
- JANUAR, D., SUPRAYOGI, A. AND PRASETYO, Y., 2016. Analisis Penggunaan NDVI dan BSI untuk Identifikasi Tutupan Lahan pada Citra Landsat 8 (Studi Kasus: Wilayah Kota Semarang, Jawa Tengah). 5(1), pp.135–147.
- LAKSHITA, N.M., MUHARRAMA, D., ARHAN JUAN RAMADHAN, M.Z., AHSANI, M.F. AND PRIHANTO, Y., 2019. Identifikasi Perubahan Lahan Sawah Kota Surakarta Menggunakan Metode NDVI. In: *SEMNAS Geomatika 2019: Geomatics Scientific Meeting on Coastal Management to Support SDG perkembangan*. pp.79–84.
- LIDIAWATI, I., HASIBUAN, R.S. AND WIJAYANTI, R., 2019. Perubahan Penutupan Lahan Kota Bogor. In: *ANR Conference Series 02. Talenta Conference Series: Agricultural and Natural Resources (ANR)*. pp.44–51. <https://doi.org/10.32734/anr.v2i1.572>.
- NAILUFAR, B., SYHADAT, R.M. AND AMELIAWATI, P., 2017. Analisis Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Dengan Metode Analisis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Di Kota Batu Berbasis Sistem Informasi Geografis (GIS) Dan Pengindraan Jauh. *Mintakat: Jurnal Arsitektur*, 1(2), pp.77–85. <https://doi.org/10.26905/mintakat.v1i2.2356>.
- PHANDERSON, A., HERWINDIATI, D.E. AND MULYAWAN, B., 2018. Sistem Pendeteksi Perubahan Lahan Hijau Di Jabodetabek. *Computatio : Journal of Computer Science and Information Systems*, 2(1), p.91. <https://doi.org/10.24912/computatio.v2i1.1480>.
- PINILLA, F.J.G., 1995. *Sampling Frames of Square*. Luxemborg: Office for Publications of the E.C.
- 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), pp.27–36. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31571/eduka si.v13i1.17>.
- SARI, V.D., TAUFIK, M. AND JAELANI, L.M., 2015. Perbandingan Pengaruh Koreksi Radiometrik Citra Landsat 8 Terhadap Indeks Vegetasi Pada Tanaman Padi. In: *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah (ATPW)*. Surabaya. pp.13–20. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2774.7280>.
- SAUDALE, V., 2021. *Ruang Terbuka Hijau Baru 18%, Pemkot Bogor Minta Penyerahan PSU Dipercepat*. Beritasatu.com.
- SINABUTAR, J.J., SASMITO, B. AND SUKMONO, A., 2020. Studi Cloud Masking Menggunakan Band Quality Assessment , Function Of Mask Dan Multi - Temporal Cloud Masking Pada Citra Landsat 8. *Geodesi Undip*, 9(3).
- SITORUS, W.M., SUKMONO, A. AND BASHIT, N., 2019. Identifikasi Perubahan Kerapatan Hutan Dengan Metode Forest Canopy Density Menggunakan Citra Landsat 8 Tahun 2013,

- 2015 Dan 2018 (Studi Kasus : Taman Nasional Gunung Merbabu, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), pp.338–347.
- U.S. GEOLOGICAL SURVEY, 2019. *Landsat 8 Data Users Handbook*. U.S. Geological Survey, South Dakota: Eros.
- U.S. GEOLOGICAL SURVEY, 2020. *Landsat 8-9 Operational Land Imager (OLI) - Thermal Infrared Sensor (TIRS) Collection 2 Level 1 (L1) Data Format Control Book (DFCB)*. South Dakota: Eros.
- UTAMI, W., ARTIKA, I.G.K. AND ARISANTO, A., 2018. Aplikasi Citra Satelit Penginderaan Jauh Untuk Percepatan Identifikasi Tanah Terlarut. *BHUMI: Jurnal Agraria dan Pertanahan*, 4(1). <https://doi.org/10.31292/jb.v4i1.215>.
- YUDISTIRA, R., MEHA, A.I. AND PRASETYO, S.Y.J., 2019. Perubahan Konversi Lahan Menggunakan NDVI, EVI, SAVI dan PCA pada Citra Landsat 8 (Studi Kasus : Kota Salatiga). *Indonesian Journal of Computing and Modeling*, 1, pp.25–30.
- ZUBAIR, A.M., TJARONGE, M.W. AND RAMLI, M.I., 2016. Pengaruh Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Terhadap Iklim Mikro Di Kota Makassar. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1(1), pp.1–12.