

Analisis Perubahan Ruang Terbuka Hijau dengan Citra Resolusi Tinggi di Kota Depok

Analysis of Green Open Space Changes with High-Resolution Images in Depok City

Syahbani Putra Gunadi^{1*}, Syartinilia², & Andrea Emma Pravitasari^{3,4}

¹Program Magister Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pasca Sarjana, IPB University, Gedung Sekolah Pascasarjana Lantai II Kampus IPB Baranangsiang Bogor, 16144, Indonesia;

²Departemen Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian, IPB University, Jalan Meranti, Kampus IPB Dramaga, Kelurahan Dramaga, Kabupaten Bogor, 16680, Indonesia; ³Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB University, Jalan Meranti, Kampus IPB Dramaga, Kelurahan Dramaga, Kabupaten Bogor, 16680, Indonesia; ⁴Pusat Pengkajian Perencanaan dan Pengembangan Wilayah (P4W), IPB University, Kampus IPB Baranangsiang, Jalan Raya Pajajaran, Bogor, Jawa Barat, 16127, Indonesia;

*Penulis korespondensi. e-mail: syahbaninanda@yahoo.co.id

(Diterima: 20 Desember 2023; Disetujui: 19 September 2024)

ABSTRACT

The massive changes in land cover in Depok City, which serves as a buffer zone for the capital city of Jakarta, have led to a decrease in Green Open Space (GOS) due to the high demand for land for development. To monitor changes in GOS land cover and obtain accurate analysis results, appropriate tools, data, and methods are required. This study employed remote sensing and GIS techniques to assess GOS changes in Depok City between 2013 and 2021. The tools used included ArcGIS 10.8, Google Earth Pro, and a set of computers. The study utilized high-resolution Spot 6 and 7 satellite imagery with analysis conducted using the supervised classification method and the maximum likelihood algorithm. The results of this study produced land cover maps with very high accuracy, where the overall accuracy and kappa coefficient were 96% and 93% in 2013, and 97% and 92% in 2021, respectively. The classification results revealed a significant decrease in GOS over the past eight years, with a reduction of 20.2% of the total area, resulting in GOS coverage of only 31.3% or 6,239 ha in 2021. Most of the GOS reduction was caused by the expansion of built-up areas, which increased by 4,857 ha. Other changes were observed in water bodies 99 ha and open land 73 ha. The GOS analysis in Depok City using the supervised classification method on high-resolution Spot imagery proved to be highly accurate compared to previous studies that used Landsat 8 OLI imagery with the NDVI method.

Keywords: green open space, land cover change, maximum likelihood, supervised classification.

ABSTRAK

Masifnya perubahan tutupan lahan di Kota Depok, yang merupakan zona penyangga ibu kota Jakarta, menyebabkan penurunan Ruang Terbuka Hijau (RTH) karena tingginya permintaan lahan untuk pembangunan. Untuk memantau perubahan tutupan lahan RTH dan mendapatkan hasil analisis yang akurat, diperlukan alat, data, dan metode yang tepat. Penelitian ini menggunakan teknik Penginderaan Jauh dan GIS untuk menilai perubahan RTH di Kota Depok rentang tahun 2013 hingga 2021. Alat yang digunakan adalah *ArcGIS 10.8*, *Google Earth Pro* dan seperangkat komputer.

Penelitian ini menggunakan Citra Spot 6 dan 7 yang beresolusi tinggi dengan analisis menggunakan metode *supervised classification* dengan algoritma *maximum likelihood*. Hasil penelitian ini adalah peta tutupan lahan dengan akurasi sangat tinggi, dimana akurasi keseluruhan dan koefisien kappa masing-masing 96% dan 93% pada tahun 2013 dan 97% dan 92% pada tahun 2021. Hasil klasifikasi menunjukkan penurunan RTH yang signifikan selama delapan tahun terakhir, sebesar 20.2% dari luas wilayah, sehingga pada 2021 luas RTH tercatat hanya 31,3% atau 6.239 ha. Sebagian besar penurunan RTH disebabkan oleh peningkatan ruang terbangun, perubahan tersebut sebesar 4.857 ha, untuk perubahan lainnya yaitu pada badan air sebesar 99 ha, lahan terbuka 73 ha. Analisis RTH di Kota Depok dengan metode *supervised classification* pada Citra Spot beresolusi tinggi terbukti memiliki akurasi sangat baik jika dibandingkan dengan temuan penelitian sebelumnya yang menggunakan Citra Landsat 8 OLI dengan metode NDVI.

Kata kunci: *maximum likelihood*, perubahan tutupan lahan, ruang terbuka hijau, *supervised classification*.

PENDAHULUAN

Ketersediaan lahan yang terbatas dan relatif tetap di wilayah perkotaan akan berdampak terhadap munculnya masalah dalam penggunaannya. Di sisi lain, manusia yang berperan penting dalam keberlangsungan lingkungan membutuhkan lahan sebagai objek vital untuk memenuhi kebutuhan hidup yang semakin meningkat. Tingginya kebutuhan manusia terhadap lahan, terutama di daerah perkotaan, disebabkan oleh pertumbuhan penduduk yang terus meningkat setiap tahun. Hal ini terjadi karena ketidakseimbangan antara tingkat fertilitas yang tinggi dan tingkat mortalitas yang rendah, serta dipengaruhi oleh tingginya laju migrasi (Oktavilia *et al.*, 2022). Perkembangan kawasan perkotaan yang begitu pesat telah menyebabkan masalah yang kompleks, berdampak pada penurunan ruang hijau, lahan pertanian dan lahan terbuka akan terkonversi menjadi lahan terbangun (Rahimi 2016). Konversi lahan merupakan hasil dari interaksi kompleks dan masif antara lingkungan fisik, pengaturan kebijakan, dan faktor sosial ekonomi (Ustaoglu & Williams, 2017). Konversi lahan yang tinggi menjadi ancaman nyata bagi ketersediaan lahan Ruang Terbuka Hijau (RTH). Dampak marginalisasi pengelolaan RTH dapat dikategorikan ke dalam 2 hal, yaitu dampak ekologi dan dampak sosial ekonomi (Briassoulis, 2020). Guna meminimalisir dampak maka perlu fokus pada pemanfaatan yang berkelanjutan sehingga RTH

mampu memberi manfaat baik secara langsung maupun tidak langsung pada ekonomi, sosial, dan lingkungan (Chiesura, 2004; Tian *et al.*, 2014).

Kota Depok yang menjadi kota satelit Ibu Kota Jakarta dan berada di pusat kawasan kota metropolitan wilayah Jabodetabek-Punjur berfungsi sebagai zona penyangga ibu kota. Hal ini tentu mempercepat konversi RTH menjadi ruang terbangun akibat tingginya laju pertumbuhan penduduk. Berdasarkan Badan Pusat Statistik Depok, pada tahun 2019, jumlah penduduk Kota Depok mencapai 1,857,734 jiwa, pada 2020 jumlah penduduk kota Depok meningkat menjadi 2,056,332 jiwa, kemudian pada tahun 2021 meningkat menjadi 2,085,935 jiwa. Perubahan jumlah penduduk berpotensi mempengaruhi laju perubahan RTH. Jika ditinjau perubahan RTH Kota Depok pada tahun 2017 memiliki luas sebesar 16.33 % dari total luas wilayah (BPS, 2018) sedangkan pada tahun 2020 perubahan terjadi signifikan menjadi 13.64% dari total luas wilayah (Purboyo *et al.*, 2021). Hal tersebut menunjukkan bahwa luas ruang terbuka hijau dapat dikatakan minim dan mengalami penurunan yang cepat dari tahun ke tahun. Tutupan lahan masih bisa berubah sesuai rencana tata ruang (Libriyanto *et al.*, 2022) dan perlu pengawasan terhadap perkembangan rencana tata ruang wilayah (Franjaya *et al.*, 2018). Konversi lahan telah berubah ke sistem yang lebih kompleks sehingga membutuhkan informasi perubahan lahan yang lebih dalam dan komprehensif dalam meningkatkan pengawasan

agar sesuai dengan rencana tata ruang yang memperhitungkan mutu lingkungan hidup (Turner *et al.*, 2021; Zhu *et al.*, 2022). Guna menilai perubahan tutupan lahan khususnya dalam memantau penurunan ruang terbuka hijau perkotaan penting menggunakan alat yang tepat, andal dan hemat biaya (Syartinilia *et al.*, 2022).

Dewasa ini banyak kalangan akademisi dan praktisi menggunakan teknologi penginderaan jauh untuk mendapatkan informasi perubahan lahan yang komprehensif karena penginderaan jauh memberikan kemudahan untuk menilai luas tutupan lahan yang tidak mudah diakses dengan patroli fisik (Hawryło *et al.*, 2018). Namun demikian, hasil analisis data penginderaan jauh tergantung pada ketepatan metode dan tingkat resolusi citra yang digunakan karena resolusi spasial menentukan kualitas detail dalam piksel gambar (Selvaraj & Nagarajan, 2022).

Resolusi spasial merupakan ukuran terkecil objek yang dapat terdeteksi pada data citra atau digital. Semakin tinggi resolusi spasialnya, semakin tinggi kedetailan data yang disajikan pada citra. Pada data digital, resolusi di lapangan diukur dalam satuan piksel. Semakin kecil ukuran objek yang bisa terdeteksi oleh sensor, semakin baik dan rinci informasi yang dapat disajikan, dan semakin tinggi pula resolusinya (Oktaviani & Johan, 2016).

Citra Spot 6 dan 7 memiliki resolusi tinggi hingga 1.5 meter untuk pankromatik dan 6 meter untuk multispektral, dengan 4 band. Keunggulan citra ini terletak pada sistem sensor ganda yang terdiri dari HRVIR (*Haute Resolution Visible Infrared*) dan sensor NAOMI (*New AstroSat Optical Modular Instrument*) (JSoubirane, 2013). Sementara itu, Citra Landsat 8 dilengkapi dengan sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) dan OLI (*Onboard Operational Land Imager*) dengan resolusi 30 meter (U.S. Geological Survey, 2016). Perbedaan resolusi ini memengaruhi proses pengolahan, waktu, biaya, ketersediaan citra, dan tingkat akurasi data.

Resolusi spasial memainkan peran penting dalam pemilihan metode yang menjadi dasar pertimbangan dalam pengolahan data

keruangan. Citra yang memiliki resolusi rendah seperti Landsat biasa digunakan untuk memantau kajian studi pada area yang luas, namun memiliki kekurangan dimana objek yang berada pada koridor sulit untuk diidentifikasi. Dalam analisis citra dengan cakupan wilayah yang sempit sebaiknya menggunakan data dengan resolusi tinggi (Mishra *et al.*, 2017). Ini juga memungkinkan penghitungan indeks vegetasi dan algoritma untuk memasukkan indeks vegetasi ke dalam pita asli yang membantu meningkatkan klasifikasi ruang terbuka hijau di Kota Depok yang hanya memiliki luas sebesar 199,91 km² (Badan Pusat Statistik Depok, 2022). Oleh sebab itu, perlu kajian dengan menggunakan citra beresolusi tinggi dalam menganalisis perubahan ruang terbuka hijau di Kota Depok sehingga hasil analisis diharapkan jauh lebih baik dan akurat dibandingkan dengan penggunaan citra beresolusi rendah hingga sedang. Selain itu penting untuk membandingkan dan menguji ketepatan penggunaan metode dalam menganalisis tutupan lahan RTH agar hasil analisis memiliki akurasi yang tinggi, sehingga hasil tersebut bisa menjadi acuan yang baik bagi peneliti dan *stakeholder* dalam mengambil suatu keputusan. Penelitian ini menggunakan data penginderaan jauh beresolusi tinggi yaitu citra Spot 6 dan 7 yang tersedia di LAPAN pada tahun 2013 dan 2021 dengan analisis menggunakan metode *Supervised Classification* dengan algoritma *maximum likelihood*.

METODOLOGI

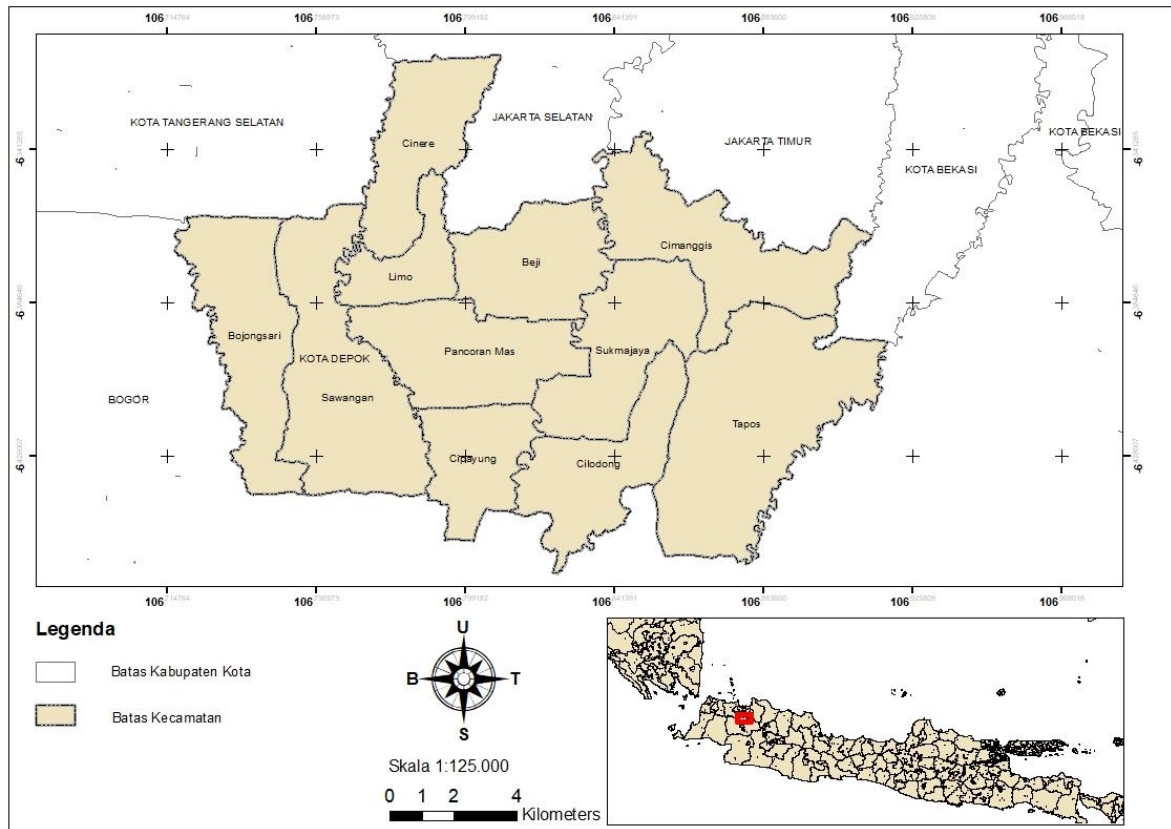
Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kota Depok Provinsi Jawa Barat yang secara geografis sebelah utara, selatan, timur dan barat, masing-masing berbatasan dengan DKI Jakarta, Kabupaten Bogor, Kota Tangerang Selatan Provinsi Banten. Secara astronomis Kota Depok terletak pada koordinat 6° 19' 00" - 6° 28' 00" Lintang Selatan dan 106° 43' 00" - 106° 55' 30" Bujur Timur dengan luas wilayah mencakup sekitar 19,990 ha (Badan Pusat Statistik Depok,

2022). Adapun lokasi penelitian seperti disajikan pada Gambar 1.

Kota Depok memiliki laju urbanisasi yang cukup tinggi dan berada di antara gugus kota metropolitan wilayah Jabodetabek-Punjur yang berfungsi sebagai zona penyangga daya dukung ibu kota Jakarta sehingga berdampak

pada percepatan konversi lahan ruang terbuka hijau menjadi ruang terbangun (Perpres Nomor 60, 2020). Selain itu Kota Depok berfungsi sebagai wilayah penyangga Ibu Kota Jakarta. Waktu penelitian dilakukan selama 6 bulan yang dilaksanakan mulai dari bulan Juli sampai bulan Desember 2022.

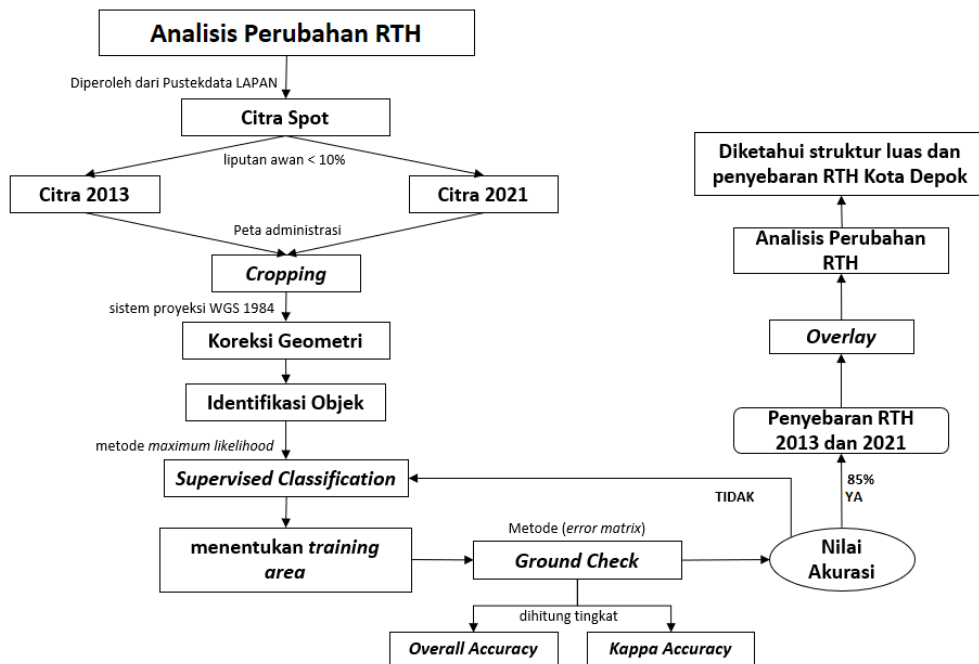


Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Metode

Tahapan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tahap pengumpulan data, pra-pemrosesan data, klasifikasi dengan

metode yang ditetapkan, penilaian akurasi masing-masing metode dan analisis perubahan RTH. Tahapan yang dilakukan untuk analisis disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Metode dan prosedur

Pengumpulan Data

Data yang digunakan untuk analisis tutupan lahan ruang terbuka hijau di Kota Depok adalah data Citra Spot-6 tahun 2013 dan Spot-7 tahun 2021 yang sudah mengalami proses koreksi geometri dan koreksi radiometri oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Citra Spot dibangun oleh AIRBUS Defence & Space yang menyediakan citra beresolusi hingga 1.5 meter yang memiliki 4 band pada level ortho dengan skala 1:25,000 dan cocok untuk pemetaan topografi.

Analisis Data

Proses analisis data menggunakan metode *supervised classification* dengan algoritma *maximum likelihood* pada Citra Spot beresolusi tinggi melibatkan pengguna secara langsung dalam pengklasifikasian data. Metode ini, seperti yang dijelaskan oleh Malik (2016), memungkinkan pengguna untuk mentransformasikan data citra multispektral ke dalam kelas-kelas unsur spasial dengan menggunakan nilai *pixel* yang diketahui jenis objek dan nilai spektralnya. Pada proses ini, perangkat lunak ArcGIS 10.8 digunakan dengan

melakukan area pelatihan pada citra. Proses dimulai dari pengambilan sampel dengan menandai area menggunakan *toolbox draw polygon*, kemudian dilanjutkan dengan tahap pengklasifikasian menggunakan *toolbox classification* dan metode *maximum likelihood classification*, di mana pada tahap ini pengguna secara aktif berperan dalam melakukan intervensi. Algoritma klasifikasi yang digunakan adalah *maximum likelihood*, yang terkenal sebagai salah satu metode lebih akurat jika didukung oleh data training yang tepat, dan merupakan salah satu algoritma yang paling banyak digunakan (Perumal & Bhaskaran, 2010; Septiani *et al.*, 2019).

Dalam metode ini, dipertimbangkan berbagai faktor, termasuk peluang suatu piksel untuk dikelompokkan ke dalam kelas tertentu. Peluang ini, yang sering disebut sebagai *prior probability*, dihitung dengan menghitung persentase tutupan pada citra yang akan diklasifikasikan. Jika peluang ini tidak diketahui, peluang dianggap sama untuk semua kelas. Setelah piksel diklasifikasikan, piksel yang termasuk dalam kategori lahan RTH diambil menggunakan formula *SetNull* dari perhitungan raster pada perangkat lunak ArcGIS.

Analisis Citra Spot dalam penelitian ini dilakukan dengan cara menginterpretasikan kenampakan objek dalam citra dan membagi objek ke dalam delapan kelas penutup lahan, yaitu badan air, bangunan permukiman, bangunan bukan permukiman, jalan, lahan terbuka, lapangan hijau, semak belukar, dan vegetasi pohon. Selanjutnya, dilakukan pengambilan *training* sampel menggunakan teknik *purposive random sampling*, di mana sampel dipilih secara acak berdasarkan

pertimbangan tertentu (Rini, 2018). Untuk memastikan keterwakilan kelas dan menghindari ketidakseimbangan sampel, disarankan untuk mengambil minimum 50 dan maksimum 100 sampel per kelas (Costa *et al.*, 2018). Jumlah sampel yang diambil dalam penelitian ini disesuaikan dengan dominansi kenampakan objek pada citra, di mana semakin dominan kenampakannya, maka semakin besar jumlah sampelnya, seperti yang tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah *Training Area Supervised Classification*

Kelas Penutup Lahan	Jumlah <i>Training Area Maximum Likelihood</i>	
	Tahun 2013	Tahun 2021
Bangunan Permukiman	126 piksel	181 piksel
Bangunan Bukan Permukiman	128 piksel	235 piksel
Jalan	71 piksel	125 piksel
Badan Air	61 piksel	102 piksel
Lahan Terbuka	50 piksel	50 piksel
Lapangan Hijau	76 piksel	77 piksel
Vegetasi Pohon	117 piksel	65 piksel
Semak Belukar	54 piksel	51 piksel

Sumber: Pengolahan data, 2023.

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa terdapat perbedaan jumlah training sampel antara data tahun 2013 dan 2021. Perbedaan jumlah training sampel dari kedua data tersebut disebabkan oleh perbedaan karakteristik penutup lahan di lapangan. Oleh karena itu, pengambilan sampel harus disesuaikan untuk mendapatkan nilai akurasi yang optimal (Septiani *et al.*, 2019). Data training sampel tersebut diklasifikasikan sesuai dengan kelas yang ditentukan menggunakan algoritma *maximum likelihood*. Hasil klasifikasi kemudian disesuaikan dengan kondisi lapangan. Selanjutnya, dilakukan penggabungan kelas menjadi empat kelas utama, dimana kelas bangunan permukiman, bangunan bukan permukiman, dan jalan digabung menjadi kelas ruang terbangun. Sementara itu, kelas lapangan hijau, vegetasi pohon, dan semak belukar digabung menjadi kelas ruang terbuka hijau, sedangkan kelas lahan terbuka dan badan air tetap.

Uji Akurasi

Pemilihan sampel dengan tingkat akurasi tinggi sangat penting dalam penilaian akurasi klasifikasi tutupan lahan (Dong *et al.*, 2020). Mengukur akurasi performa algoritma klasifikasi untuk setiap kelas tutupan lahan diperlukan sampel pengujian dalam mengukur akurasi pengguna dan produsen. Akurasi pengguna adalah pengukuran dimana kelas individu diperoleh dari piksel yang terklasifikasi dalam kelompok yang sama, sedangkan akurasi produsen adalah di mana akurasi kelas individu dapat diperoleh dengan membagi jumlah piksel yang diklasifikasikan dengan benar (Congalton, 1991). Penilaian akurasi dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan matriks kesalahan yang umum digunakan oleh banyak peneliti dalam klasifikasi tutupan lahan. Analisis ini dilakukan dengan membandingkan hasil segmentasi terhadap data referensi dengan memperhatikan parameter yang digunakan (Arisondang *et al.*, 2015). Selanjutnya dalam mengukur akurasi keseluruhan dapat dilakukan dengan cara menghitung matriks kesalahan yang

diperoleh untuk akurasi pengguna dan akurasi produser dengan cara membandingkan jumlah piksel yang terklasifikasi dengan benar terhadap jumlah keseluruhan piksel (Ahmad *et al.*, 2014). Tahapan selanjutnya adalah dengan menghitung akurasi Kappa karena dalam perhitungan akurasinya menggunakan seluruh elemen dalam matriks kesalahan. Untuk validasi, dilakukan *ground check* pada titik-titik sampel yang disebar menggunakan metode *stratified random sampling* yang terdapat di *software* ArcGIS (Fatahillah *et al.*, 2022) untuk data tahun 2013 dan 2021. Pada tutupan lahan tahun 2021, *ground check* dilakukan dengan mengunjungi beberapa lokasi sampel serta melakukan pengamatan menggunakan bantuan citra satelit beresolusi lebih tinggi dalam hal ini adalah menggunakan citra satelit *Google Earth Pro* (Sodikin *et al.*, 2021). Sementara itu, untuk tutupan lahan tahun 2013, *ground check* hanya dilakukan melalui *Google Earth Pro* untuk menghitung hasil validasi menggunakan sampel pelatihan yang dibagi secara acak.

Pengambilan sampel uji akurasi didasarkan pada jumlah kelas penutup lahan yang ditetapkan. Jumlah minimal sampel yang direkomendasikan untuk pengujian adalah $4n$ untuk banyak kelas penutup lahan (35 kelas) dan $8n$ untuk sedikit kelas (13 kelas), di mana n adalah jumlah kelas (Danoedoro, 2015). Dalam penelitian ini, ditetapkan 4 kelas penutup lahan yaitu badan air, lahan terbuka, ruang terbangun, dan ruang terbuka hijau, sehingga jumlah sampel untuk uji akurasi adalah $8n$. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *stratified random sampling*, di mana wilayah studi dibagi menjadi beberapa bagian. Metode ini sering digunakan dan efektif untuk uji akurasi klasifikasi penggunaan dan tutupan lahan (Dong *et al.*, 2020). Wilayah studi dalam penelitian ini dibagi berdasarkan 11 kecamatan, dengan total 352 titik sampel, di mana setiap kecamatan mendapat 32 sampel sesuai dengan perhitungan $8n$ untuk 4 kelas penutup lahan. Setelah hasil akurasi didapatkan tahapan selanjutnya yaitu menginterpretasikan nilai akurasi kappa sesuai pada Tabel 2.

Tabel 2. Interpretasi Nilai Akurasi Kappa

Nilai Koefisien Kappa	Interpretasi Nilai Kappa
0<	Peluang akurasi buruk
0.01 – 0.20	Peluang akurasi kecil
0.21 – 0.40	Peluang akurasi cukup
0.41 – 0.60	Peluang akurasi sedang
0.61 – 0.80	Peluang akurasi baik
0.81 – 0.99	Peluang akurasi sangat baik

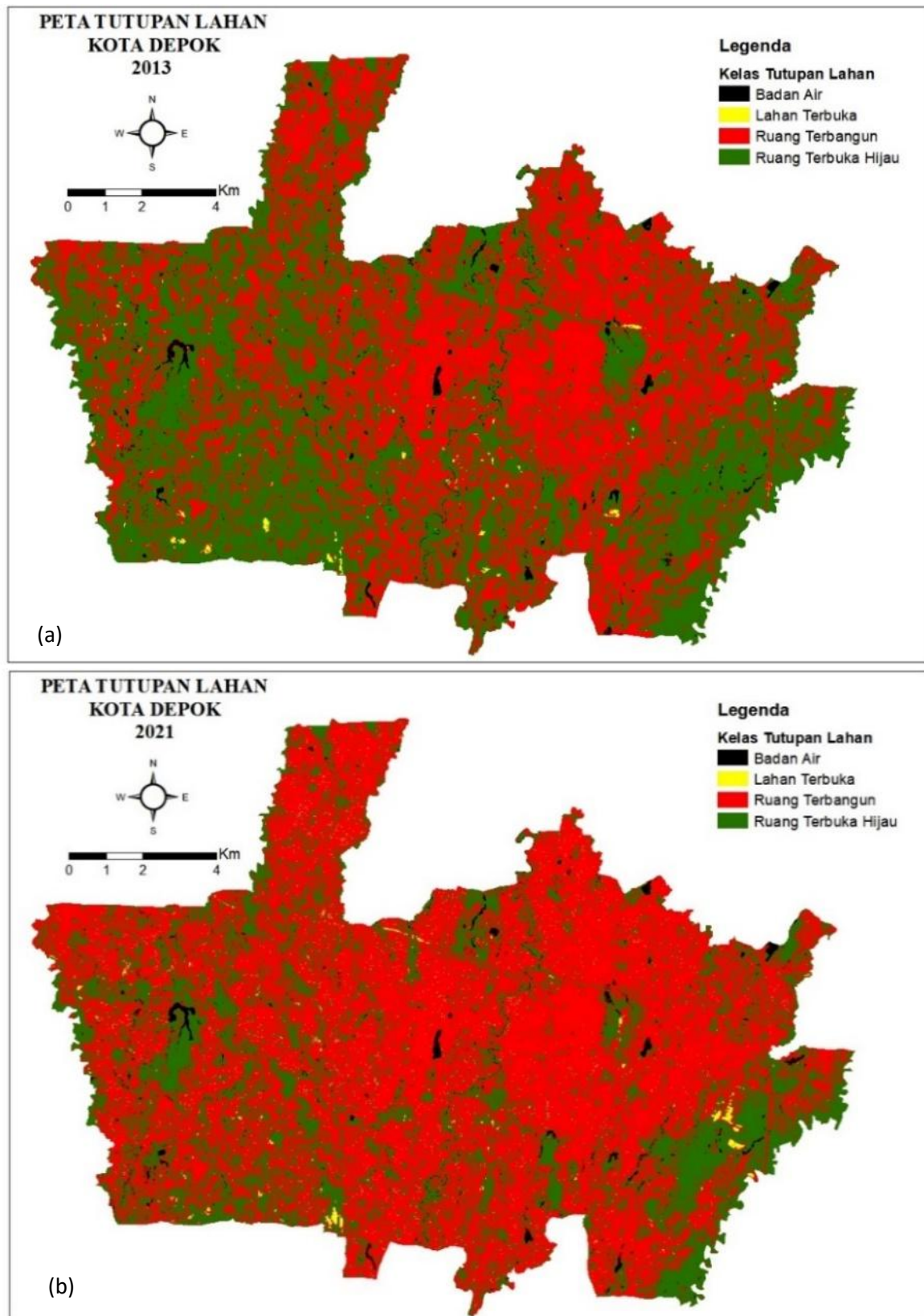
Sumber: Landis & Koch (1977)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Tutupan Lahan RTH

Berdasarkan hasil analisis tutupan lahan menggunakan metode *maximum likelihood* dalam *supervised classification* dari Citra Spot 6

tahun 2013 dan Spot 7 tahun 2021, terungkap bahwa penyebaran Ruang Terbuka Hijau di Kota Depok merata di seluruh kecamatan, namun terdapat perbedaan luas RTH di setiap kecamatan. Peta pada Gambar 3 mengilustrasikan penyebaran RTH di Kota Depok pada tahun 2013 dan 2021.



Gambar 3. Peta tutupan lahan di Kota Depok (a) Tahun 2013 dan (b) Tahun 2021

Pada Gambar 3, terlihat perbedaan hasil analisis di beberapa lokasi antara tahun 2013 dengan 2021. Pada tahun 2013, luas Ruang

Terbuka Hijau (RTH) di Kota Depok mencapai 51.5% dari luas wilayah, sementara pada tahun 2021, luas RTH menurun menjadi 31.3% dari

luas wilayah. Perubahan signifikan terjadi pada tutupan lahan RTH yang berubah menjadi ruang terbangun di Kota Depok dalam rentang waktu 8 tahun tersebut, ini menunjukkan penurunan RTH secara signifikan sebesar 20.2% dari tahun 2013 hingga 2021. Perubahan RTH di Kota Depok sebagian besar terkonversi menjadi ruang terbangun, dengan luas perubahan sebesar 48.57 km², sementara perubahan lainnya terjadi pada badan air sebesar 0.99 km² dan lahan

terbuka sebesar 0.73 km². Dengan demikian, luas perubahan dari tahun 2013, yang memiliki luas RTH sebesar 102.78 km², berubah menjadi 62.39 km² pada tahun 2021, sebagaimana terlihat pada Tabel 3. Studi lain juga mencatat penurunan signifikan pada RTH dan peningkatan signifikan pada ruang terbangun di Kota Depok selama dekade terakhir (Setyani *et al.*, 2017; Ramadhan & Osly, 2019; Aji *et al.*, 2020; Purboyo *et al.*, 2021).

Tabel 3. Perubahan Tutupan Lahan Kota Depok Tahun 2013 Sampai 2021 (Satuan km²)

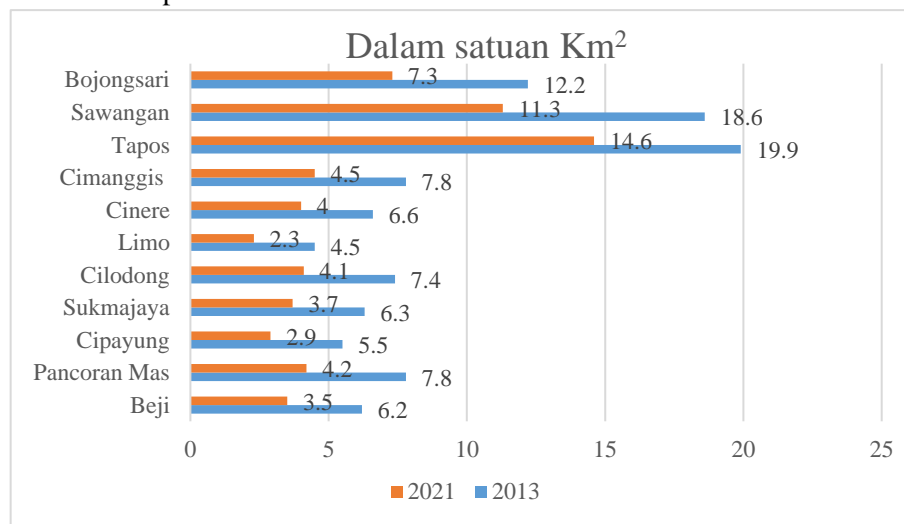
Tutupan Lahan	Luas Tutupan Lahan (Satuan km ²)		Luas Perubahan
	Tahun 2013	Tahun 2021	
Badan Air	2.34	2.65	+ 0.31
Lahan Terbuka	0.60	1.86	+ 1.26
Ruang Terbangun	93.96	132.79	+ 38.83
Ruang Terbuka Hijau	102.78	62.39	- 40.39

Keterangan: + = bertambah, - = berkurang

Sumber: Pengolahan data, 2023

Jika dianalisis perubahan di setiap kecamatan di Kota Depok, terlihat perubahan luas RTH yang paling besar terjadi di Kecamatan Sawangan dimana luas RTH pada tahun 2013 sebesar 18.6 km² sedangkan di tahun 2021 menjadi 11.3 km², hal ini menunjukan telah terjadi penurunan RTH sebesar 7.3 km² dari tahun 2013 sampai 2021. Kecamatan

lainnya yang mengalami penurunan cukup besar setelah Kecamatan Sawangan adalah Kecamatan Tapos di bagian Timur Kota Depok dan Kecamatan Bojong Sari di sisi Barat Kota Depok. Untuk 8 kecamatan lainnya, penurunan RTH selama 8 tahun hampir seragam seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Perubahan tutupan lahan setiap Kecamatan di Kota Depok Tahun 2013 Sampai 2021 (dalam Km²)

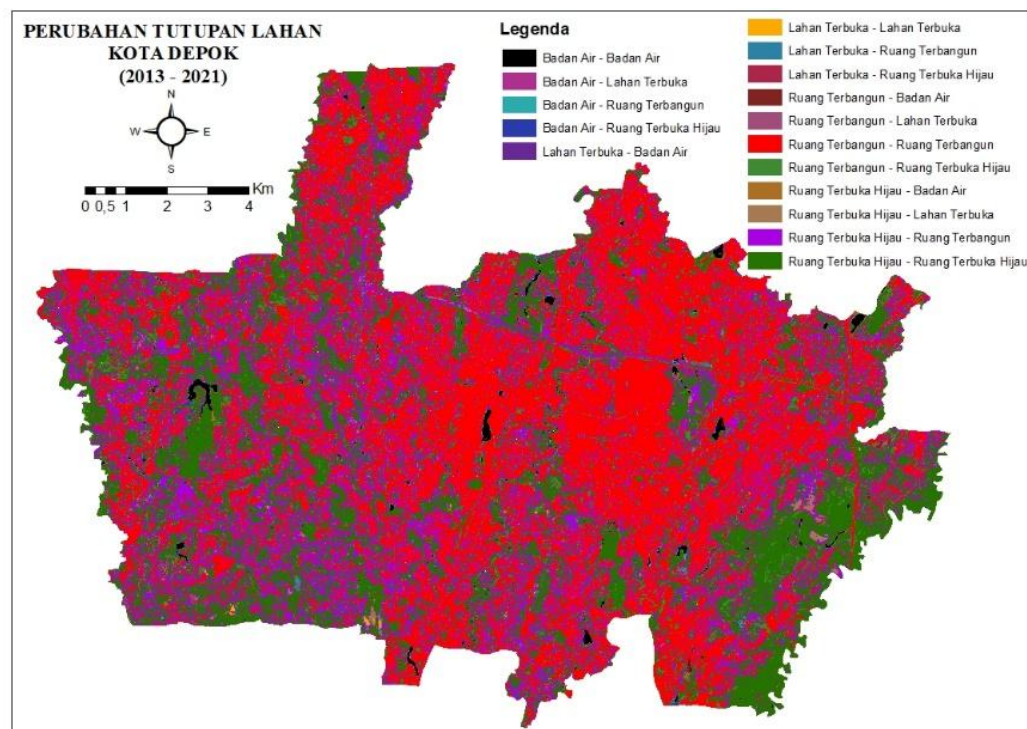
Penurunan RTH yang signifikan di ketiga kecamatan tersebut disebabkan oleh tingginya pertumbuhan ruang terbangun akibat arah

pengembangan permukiman yang cukup tinggi dari tahun ketahun. Pertumbuhan permukiman ini linier dengan laju pertumbuhan penduduk

dan penurunan kawasan pertanian (Munibah *et al.*, 2019). Kondisi penduduk di tiga kecamatan yang mengalami penurunan RTH signifikan tersebut mengalami peningkatan jumlah dan kepadatan penduduk yang cukup besar dari tahun 2013 sampai 2021. Kecamatan Sawangan memiliki penduduk 134,943 jiwa pada tahun 2013 dan bertambah menjadi 184,900 jiwa pada tahun 2021 dengan kepadatan penduduk setiap 1 km² sebesar 5,210 di tahun 2013 berubah menjadi 7,060 di tahun 2021. Sementara itu Kecamatan Tapos pada tahun 2013 memiliki jumlah penduduk 236,113 jiwa dengan kepadatan penduduk dalam 1 km² 7,303 jiwa, pada tahun 2021 meningkat kepadatan penduduknya menjadi 267,630 jiwa dengan kepadatan penduduk setiap 1 km² sebesar 8,047 jiwa, demikian juga dengan Kecamatan Bojongsari yang mengalami peningkatan jumlah dan kepadatan penduduk signifikan. Pada tahun 2013 ke tiga kecamatan tersebut menjadi kecamatan dengan kepadatan penduduk terendah dari 11 kecamatan yang masih memiliki lahan pertanian dan menjadi sentra pertanian di Kota Depok.

Luas RTH hasil analisis dengan menggunakan metode *supervised classification*

pada citra resolusi tinggi dapat mengidentifikasi kenampakan RTH dengan cukup baik. Jika dibandingkan dengan analisis menggunakan citra dengan resolusi rendah seperti Citra Landsat 8 OLI, temuan penelitian sebelumnya di tahun 2013 menunjukkan luas RTH di kota Depok seluas 92.96 Km² atau 46.6% dari luas wilayah (Ramadhan & Osly, 2019). Berbeda dengan hasil temuan peneliti dengan menggunakan Citra Spot 6 yang beresolusi tinggi, luas RTH Kota Depok pada tahun 2013 yaitu seluas 102.78 km² atau 51.5% dari luas wilayah. Temuan penelitian lainnya pada tahun 2020 dengan menggunakan metode NDVI pada Citra Landsat 8 OLI luas RTH Kota Depok sebesar 27.09 km² atau 13.57% dari luas wilayah (Purboyo *et al.*, 2021). Pada tahun 2021 selisih satu tahun dengan penelitian sebelumnya dengan menggunakan metode *Supervised Classification* pada citra Spot 7, luas RTH Kota Depok justru lebih luas dari tahun 2020 yaitu seluas 62.39 km² atau 31.2% dari luas wilayah. Perubahan RTH Kota Depok dari tahun 2013 sampai 2021 dengan metode *supervised classification* pada Citra Spot dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Perubahan Tutupan Lahan Kota Depok Tahun 2013 sampai 2021.

Perbedaan temuan ini terkait dengan variasi resolusi dan metode analisis yang digunakan. Setiap jenis citra memiliki keunggulan dan kelemahan tersendiri. Citra Landsat 8, meskipun memiliki resolusi lebih rendah, menawarkan keuntungan dalam hal efisiensi biaya, proses pengolahan yang cepat, dan waktu yang lebih singkat. Namun, keakuratannya cenderung lebih rendah dibandingkan dengan citra Spot yang menawarkan resolusi yang lebih tinggi. Di sisi lain, citra Spot menonjolkan keunggulan dalam akurasi yang tinggi dan ketersediaan citra yang luas. Namun, pengolahan data dari citra ini membutuhkan waktu yang lebih lama karena volume data yang besar, dan biaya perolehannya pun relatif tinggi (Andiko *et al.*, 2019).

Meskipun analisis RTH menggunakan Citra Spot menghasilkan tingkat akurasi yang relatif tinggi, masih terdapat sejumlah lokasi yang mengalami kesalahan interpretasi. Penelitian sebelumnya mendukung temuan ini dengan menunjukkan bahwa tutupan lahan di zona hijau yang berada di bawah jalan layang dan sepanjang bahu jalan, dengan luas kurang dari resolusi spasial citra Spot multispektral, berpotensi mengalami kesalahan interpretasi. Oleh karena itu, hasil analisis belum sepenuhnya mencerminkan kondisi tutupan lahan secara keseluruhan (Febrianti & Sulma, 2018).

Ketidaksesuaian interpretasi juga bisa dipengaruhi oleh kecocokan metode yang digunakan. Penggunaan perbandingan akurasi sebagai tolak ukur membantu mengevaluasi ketepatan metode dalam menganalisis data citra. Penelitian ini mencatat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Penelitian serupa pada tahun 2020 menggunakan metode NDVI pada Citra Landsat 8 OLI dengan akurasi keseluruhan sebesar 83.33% (Aji *et al.*, 2020). Sementara itu, penelitian ini menggunakan Citra Spot 7 dengan metode *Supervised Classification* pada tahun 2021, mencapai akurasi keseluruhan sebesar 97%. Perbedaan yang signifikan ini menunjukkan kemampuan model klasifikasi dalam memahami pola-pola yang relevan dari data pelatihan tanpa terlalu terpengaruh oleh

noise atau variasi yang tidak relevan. Oleh karena itu, peningkatan akurasi tidak disebabkan oleh *overfitting*, melainkan oleh kualitas model klasifikasi yang lebih baik atau perbedaan dalam karakteristik data dan metode yang digunakan dalam penelitian ini.

Hal ini menunjukkan bahwa metode *supervised classification* menunjukkan kesesuaian interpretasi yang baik dengan kondisi lapangan karena pengguna memiliki kendali penuh atas analisisnya. Klasifikasi menggunakan metode *maximum likelihood* dalam *supervised classification* terbukti sangat efektif dalam mengidentifikasi tutupan lahan di Kota Depok, terutama pada kelas RTH dengan menggunakan citra beresolusi tinggi. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang menegaskan bahwa klasifikasi *maximum likelihood* adalah metode yang sangat kuat dan akurat ketika didukung oleh data pelatihan yang tepat, dan menjadi salah satu algoritma yang paling umum digunakan (Perumal & Bhaskaran, 2010; Septiani *et al.*, 2019). Meskipun temuan penelitian ini menunjukkan peningkatan akurasi, tidak ada indikasi bahwa model klasifikasi terlalu kompleks atau terlalu cocok dengan data pelatihan yang digunakan. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan akurasi dengan penelitian serupa sebelumnya.

Akurasi Metode

Penelitian ini menghasilkan nilai akurasi yang berbeda antara tahun 2013 dan 2021. *Producer's accuracy*, *user's accuracy*, *overall accuracy*, dan *kappa accuracy* merupakan perhitungan matriks kesalahan yang digunakan untuk menilai akurasi dalam penelitian ini. Perhitungan keseluruhan akurasi ini dibutuhkan karena sulitnya klasifikasi tutupan lahan perkotaan akibat tingginya tingkat pencampuran spektral dan heterogenitas spasial (Chowdhury, 2023).

Analisis akurasi dalam penelitian ini dilakukan dengan matriks kesalahan (*confusion matrix*), yang membandingkan hasil segmentasi terhadap data referensi dengan memperhatikan beberapa parameter yaitu ruang terbuka hijau,

ruang terbangun, badan air, dan lahan terbuka. Berikut adalah matriks kesalahan dari hasil analisis tutupan lahan Kota Depok dengan metode *supervised classification* untuk

mengetahui tingkat akurasi hasil klasifikasi disertai perhitungan *user accuracy*, *producer accuracy* dan *overall accuracy* seperti pada tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Matriks kesalahan tahun 2013

Data Klasifikasi	Data Referensi				Grand Total	User Accuracy
	Ruang Terbuka Hijau	Ruang Terbangun	Badan Air	Lahan Terbuka		
Ruang Terbuka Hijau	166	5		1	172	0.97
Ruang Terbangun	1	169		6	176	0.96
Badan Air			3		3	1
Lahan Terbuka				1	1	1
Grand Total	167	174	3	8	352	
Producer Accuracy	0.99	0.97	1	0.1		0.96

Sumber: Pengolahan data, 2023

Tabel 5. Matriks kesalahan tahun 2021

Data Klasifikasi	Data Referensi				Grand Total	User Accuracy
	Ruang Terbuka Hijau	Ruang Terbangun	Badan Air	Lahan Terbuka		
Ruang Terbuka Hijau	91	1			92	0.99
Ruang Terbangun	7	242		2	251	0.96
Badan Air	1		5		6	0.83
Lahan Terbuka		1		2	3	0.67
Grand Total	99	244	5	4	352	
Producer Accuracy	0.92	0.99	1.0	0.5		0.97

Sumber: Pengolahan data, 2023

Akurasi RTH pada data tahun 2013 dan tahun 2021 termasuk kategori sangat baik. *User accuracy* dan *producer accuracy* di kedua tahun tersebut sama-sama tinggi dan berada di atas angka 0.9. Data ini menunjukkan bahwa kesesuaian akurasi dalam identifikasi RTH dengan kondisi di lapangan sangat baik. Hal ini didukung oleh tingginya *overall accuracy* di kedua tahun tersebut sebesar 0.96 untuk tahun 2013 dan 0.97 untuk tahun 2021. Kemudian perhitungan akurasi *kappa* sangat dianjurkan karena perhitungan akurasinya menggunakan seluruh elemen dalam matriks kesalahan (Arisondang *et al.*, 2015). Nilai akurasi *kappa* dalam penelitian ini adalah 0.93 untuk tahun 2013 dan 0.92 untuk tahun 2021. Berdasarkan nilai akurasi *kappa* menurut Landis & Koch (1977) maka akurasi pada data kedua tahun tersebut termasuk kategori akurasi sangat baik.

Tingginya akurasi bukan berarti tidak ada kesalahan dalam analisis data tutupan lahan dengan menggunakan metode *supervised classification* pada citra resolusi tinggi. Dari matriks kesalahan hasil analisis tahun 2013 dan 2021 masih terdapat kesalahan komisi dan kesalahan omisi. Berdasarkan kesalahan komisi untuk RTH dari data matriks kesalahan tahun 2013 adalah 6 piksel. Artinya terdapat 6 piksel lain yang masuk ke dalam kelas objek tersebut. Dimana 5 piksel dari kelas ruang terbangun dan 1 piksel dari kelas lahan terbuka. Untuk kesalahan omisi terdapat 1 piksel yang keluar dari sampel RTH menjadi kelas ruang terbangun. Kesalahan komisi RTH dari matriks kesalahan data analisis tahun 2021 terdapat 1 piksel yang masuk ke dalam kelas RTH yang berasal dari kelas ruang terbangun. Sedangkan untuk kesalahan komisinya terdapat 8 piksel

yang keluar dari kelas RTH, dimana 7 piksel masuk ke dalam kelas ruang terbangun dan 1 piksel masuk ke dalam kelas badan air.

KESIMPULAN

Berdasarkan temuan penelitian, pada tahun 2013 luas RTH di Kota Depok sebesar 51.5% dari luas wilayah sedangkan pada tahun 2021 luas RTH menjadi 31.3% dari luas wilayah. Ini menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan RTH secara signifikan sebesar 20.2% dari luas wilayah kurun waktu 8 tahun dari tahun 2013 sampai 2021. Temuan ini berkorelasi dengan peningkatan jumlah penduduk secara signifikan selama 8 tahun terakhir yang mengakibatkan perubahan tutupan lahan secara masif terutama pada kelas RTH menjadi ruang terbangun. Analisis RTH di Kota Depok dengan metode *supervised classification* pada Citra Spot beresolusi tinggi terbukti memiliki akurasi sangat baik jika dibandingkan dengan temuan penelitian sebelumnya yang menggunakan Citra Landsat 8 OLI dengan metode NDVI. Akurasi keseluruhan dan koefisien kappa dalam penelitian ini masing-masing 96% dan 93% pada tahun 2013 dan 97% dan 92% pada tahun 2021

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Data dan Informasi - BRIN Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional Indonesia yang telah memberikan data Citra Spot 6 dan 7 beresolusi tinggi untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Aboobaidar, B., M, Isa, M. S. M., Md Hashim, N., Rosul, M., Muhamad, S., Man, S. 2014. Temporal changes in urban green space based on normalized difference vegetation index. *Appl Math Sci.* 8:2743–2751. doi:10.12988/ams.2014.432230.
- Aji, G. P., Ardiansyah, M., Gunawan, A. 2020. Change and Prediction of Green Open Space Land Use in Depok City. 22(2):95–100.
- Andiko, J. A., Duryat, D., & Darmawan, A. (2019). Efisiensi Penggunaan Citra Multisensor untuk Pemetaan Tutupan Lahan (The Efficiency of Multisensor Images for Land Cover Mapping). *Jurnal Sylva Lestari*, 7(3), 342–349. <https://doi.org/10.23960/jsl37342-349>.
- Arisonang, V., Sudarsono, B., Prasetyo, Y. 2015. Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Metode Segmentasi Berbasis Algoritma Multiresolusi (Studi Kasus Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat). *J Geod Undip.* 4(1):9–19.
- Badan Pusat Statistik. 2013. Badan Pusat Statistik - Kota Depok. <https://DepokkotaBpsGold.>, siap terbit. [diakses 2023 Nov 16]. <https://depokkota.bps.go.id/publication/2018/01/11/e976f69e00e1c6b7309b6528/statistik-daerah-kota-depok-2013.html>.
- Badan Pusat Statistik. 2020. Kota Depok dalam Angka. Badan Pusat Statistik Kota Depok BPS-Statistics Of Depok Municipality.
- Badan Pusat Statistik. 2021. Badan Pusat Statistik - Kota Depok. <https://DepokkotaBpsGold.>, siap terbit. [diakses 2023 Jun 13]. <https://depokkota.bps.go.id/publication/2021/02/26/1f4ca1f1239982119750a6b8/kota-depok-dalam-angka-2021.html>.
- Badan Pusat Statistik Depok. 2022. *Kota Depok Dalam Angka Depok Municipality in Figures 2022*. MBA, Mufti Swaghara, Haniati Y, editor. ©BPS Kota Depok/BPS-Statistics of Depok Municipality.
- Briassoulis, H. 2020. Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches Approaches. [diakses 2021 Okt 5]. <https://researchrepository.wvu.edu/rri-web-book>.
- Chiesura, A. 2004. The role of urban parks for the sustainable city. *Landsc Urban Plan.* 68(1):129–138. doi:10.1016/j.landurbplan.2003.08.003.
- Chowdhury, S. 2023. Comparison of Accuracy and Reliability of Random Forest , Support Vector Machine , Artificial Neural Network and Maximum Likelihood method in Land use / cover Classification of Urban S ... *Environ Challenges.* November:100800. doi:10.1016/j.envc.2023.100800.
- Congalton, R. G. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sens Environ.* 37(1):35–46. doi:10.1016/0034-4257(91)90048-B.
- Costa, H., Almeida, D., Vala, F., Marcelino, F., Caetano, M. 2018. Land cover mapping from remotely sensed and auxiliary data for harmonized official statistics. *ISPRS Int J Geo-Information.* 7(4). doi:10.3390/ijgi7040157.

- Danoedoro, P. 2015. Pengaruh Jumlah dan Metode Pengambilan Titik Sampel Penguji terhadap Tingkat Akurasi Klasifikasi Citra Digital Penginderaan Jauh. *Simp Nas Sains Geoinformasi ke-4*. November 2015. [diakses 2023 Agu 17]. https://www.researchgate.net/publication/302581258_PENGARUH_JUMLAH_DAN_METODE_PENGAMBILAN_TITIK_SAMPEL_PENGUJI_TERHADAP_TINGKAT_AKURASI_KLASIFIKASI_CITRA_DIGITAL_PENGINDERAAN_JAUH#fullTextFileContent.
- Department of the Interior U.S. Geological Survey. 2016. Landsat 8 Data Users Handbook. *Nasa*. 8 June:97. [diakses 2023 Des 1]. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8-data-users-handbook>.
- Dong, S., Chen, Z., Gao, B., Guo, H., Sun, D., Pan, Y. 2020. Stratified even sampling method for accuracy assessment of land use/land cover classification: a case study of Beijing, China. *Int J Remote Sens*. 41(16):6427–6443. doi:10.1080/01431161.2020.1739349.
- Fatahillah, A., Arifin, A., Jati, D. R. 2022. Analisis Perubahan Tutupan Lahan Di Kota Pontianak dengan Metode Penginderaan Jauh. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 10(2):184. doi:10.26418/jtlb.v10i2.56311.
- Febrianti, N., Sulma, S. 2018. Analisis Ruang terbuka hijau di DKI Jakarta menggunakan data Spot 6 Analisis Ruang Terbuka Hijau di DKI JAKARTA. March. [diakses 2023 Nov 30]. https://www.researchgate.net/publication/323799888_Analisis_Ruang_terbuka_hijau_DI DKI_Jakarta_menggunakan_data_SPOT_6.
- Franjaya, E. E., Syartinilia, Setiawan, Y. 2018. Modelling landscape change in paddy fields using logistic regression and GIS. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 149(1). doi:10.1088/1755-1315/149/1/012002.
- Hawryło, P., Bednarz, B., Wężyk, P., Szostak, M. 2018. Estimating defoliation of Scots pine stands using machine learning methods and vegetation indices of Sentinel-2. *Eur J Remote Sens*. 51(1):194–204. doi:10.1080/22797254.2017.1417745.
- JSoubirane. 2013. SPOT 6 & SPOT 7 Imagery User Guide.
- Landis, J. R., Koch, G. G. 1977. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data Published by : International Biometric Society Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/2529310>. *Biometrics*. 33(1):159–174.
- Libriyanto, O., Pravitasari, A. E., Ardiansyah, M. 2022. Dynamics and Predictions Of Land-Use Changes in Serang Raya and Their Conformity to The Spatial Plan Of Banten Province. *J Geogr*. 14(1):33. doi:10.24114/JG.V14I1.24441.
- Malik, A. 2016. *Pengolahan Citra Digital dengan ER Mapper ver 7.0*. [diakses 2024 Mar 23]. https://www.researchgate.net/publication/295073376_Pengolahan_Citra_Digital_dengan_ER_Mapper_ver_70.
- Mishra, S., Shrivastava, P., Dhurvey, P. 2017. Change Detection Techniques in Remote Sensing: A Review. *Int J Wirel Mob Commun Ind Syst*. 4(1):1–8. doi:10.21742/ijwmcis.2017.4.1.01.
- Munibah, K., Sitorus, S. R. P., Rustiadi, E., Gandasmita, K., Hartrisari, H. 2019. Model Hubungan Antara Jumlah Penduduk dengan Luas Lahan Pertanian dan Permukiman (Studi Kasus DAS Cidanau, Provinsi Banten). *J Ilmu Tanah dan Lingkung*. 11(1):32–40. doi:10.29244/jitl.11.1.32-40.
- Nakamo, S. J., Syartinilia, Setiawan, Y. 2022. Assessment of Land Cover Changes in Litumbandyosi-Gesimasowa Game Reserve using Remote Sensing and GIS. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 950(1). doi:10.1088/1755-1315/950/1/012083.
- Oktaviani, A., Johan, Y. 2016. Perbandingan Resolusi Spasial, Temporal Dan Radiometrik Serta Kendalanya. *J Enggano*. 1(2):74–79. doi:10.31186/jenggano.1.2.74-79.
- Oktavilia, S., Pujiati, A., Aulia, Y. (b): Shanty Oktavilia, Fafurida, Amin Pujiati, Yozi Aulia, Firmansyah (2022). Industrialization and Land Conversion in Indonesia. *Environ Ecol Res*. 10(6):627–634. doi:10.13189/eer.2022.100601.
- Perumal, K., Bhaskaran, R. 2010. Supervised Classification Performance of Multispectral Images. 2(2):124–129. <http://arxiv.org/abs/1002.4046>.
- Purboyo, A. A., Ramadhan, A. H., Safitri, E., Ridwana, R., Himayah, S. 2021. Identification of Green Open Spaces Using the Normalized Difference Vegetation Index in Depok City. *J Sains Inf Geogr [J Sig]*. 4(1):12–21. <https://journal.umgo.ac.id/index.php/GEOUMGo/index>.
- Rahimi, A. 2016. A methodological approach to urban landuse change modeling using infill development pattern—a case study in Tabriz, Iran. *Ecol Process*. 5(1):1–15. doi:10.1186/S13717-016-0044-6/TABLES/6.
- Ramadhan, F., Osly, P. J. 2019. Analisis Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau dan Kecukupannya Di Kota Depok. *J Infrastruktur*. 5(1):7–11. doi:10.35814/INFRASTRUKTUR.V5I1.663.

- Rini, M. S. 2018. Kajian kemampuan metode neural network untuk klasifikasi penutup lahan dengan menggunakan Citra Landsat-8 OLI (kasus di Kota Yogyakarta dan sekitarnya). *Geomedia Maj Ilm dan Inf Kegeografian*. 16(1). doi:10.21831/GM.V16I1.20974.
- Selvaraj, R., Nagarajan, S. 2022 Jan 1. Change detection techniques for a remote sensing application: An overview. *Cogn Syst Signal Process Image Process.*, siap terbit.
- Septiani, R., Citra, I. P. A., Nugraha, A. S. A. 2019. Perbandingan Metode Supervised Classification dan Unsupervised Classification terhadap Penutup Lahan di Kabupaten Buleleng. *J Geogr Media Inf Pengemb dan Profesi Kegeografian*. 16(2):90–96. doi:10.15294/jg.v16i2.19777.
- Setyani, W., Sitorus, S. R. P., Panuju, D. R. 2017. Analisis Ruang Terbuka Hijau Dan Kecukupannya Di Kota Depok. *Bul Tanah dan Lahan*. 1(1):121–127. [diakses 2023 Nov 30]. <https://jurnal.ipb.ac.id/index.php/btanah/article/view/17701>.
- Sodikin, Nurkholifah, Said, M. 2021. Spatial Modeling of Mangrove Deforestation in Mahakam River Delta Kutai District Kertanegara Province of East Kalimantan. *J Empower Community Educ*. 1(3):180–186.
- Tian, Y., Jim, C. Y., Wang, H. 2014. Assessing the landscape and ecological quality of urban green spaces in a compact city. *Landsc Urban Plan*. 121 October:97–108. doi:10.1016/j.landurbplan.2013.10.001.
- Turner, B. L., Lambin, E. F., Verburg, P. H. 2021. From land-use/land-cover to land system science: This article belongs to Ambio's 50th Anniversary Collection. Theme: Agricultural land use. *Ambio*. 50(7):1291–1294. doi:10.1007/s13280-021-01510-4.
- Ustaoglu, E., Williams, B. 2017. Determinants of Urban Expansion and Agricultural Land Conversion in 25 EU Countries. *Environ Manage*. 60(4):717–746. doi:10.1007/S00267-017-0908-2.
- Zhu, Z., Qiu, S., Ye, S. 2022. Remote sensing of land change: A multifaceted perspective. *Remote Sens Environ*. 282 February. doi:10.1016/j.rse.2022.113266.