

Deteksi Alih Fungsi Lahan Padi Sawah Menggunakan Sentinel-2 dan Google Earth Engine di Kota Serang, Provinsi Banten

(Rice Fields Change Detection Using Sentinel-2 and Google Earth Engine In Serang City, Banten Province)

Tian Mulyaqin^{1*}, Kardiyono¹, Ismatul Hidayah¹, Fadhlullah Ramadhani², Muchamad Yusron³

(Diterima Juni 2021/Disetujui Maret 2022)

ABSTRAK

Lahan merupakan salah satu faktor utama dalam produksi padi, tetapi alih fungsi lahan pertanian ke sektor lain terus berlanjut dan menjadi tantangan dalam penyediaan pangan di Indonesia. Kota Serang merupakan salah satu daerah penghasil beras di Provinsi Banten. Kajian ini bertujuan menganalisis perubahan alih fungsi lahan sawah ke sektor lain dengan memetakan tutupan lahan sawah menggunakan citra satelit Sentinel-2 tahun 2021 dibandingkan tahun 2019 dengan metode *Random Forest* dengan mendayagunakan aplikasi *Google Earth Engine* (GEE) dan dukungan komputasi awan (*cloud computing*). Hasil kajian menunjukkan bahwa tutupan lahan sawah di Kota Serang pada tahun 2021 berkurang 602,87 ha (-7,20%) dibandingkan tahun 2019 dari total tutupan lahan; tutupan lahan berupa vegetasi lain juga berkurang 242 ha (-2,45%), sementara tutupan lahan wilayah perkotaan pada tahun 2021 meningkat 781,82 ha (10,89%). Kajian ini menunjukkan telah terjadi perubahan alih fungsi lahan di Kota Serang akibat ekspansi perkotaan dalam rentang waktu 3 tahun, sekaligus juga bahwa penggunaan GEE dapat mengefisienkan pemantauan perubahan alih fungsi lahan dan tutupan penggunaan lahan.

Kata kunci: *Google Earth Engine*, padi, Sentinel-2

ABSTRACT

Land availability is one of the main factors in rice production. However, the agricultural land-use change to other sectors continues and becomes a challenge in the food supply in Indonesia. Serang City is one of the rice-producing areas in Banten Province. This study aims to analyze changes in the land use of rice field functions to other sectors by mapping rice field cover using Sentinel-2 satellite imagery in 2021 compared to 2019 with the Random Forest method by using Google Earth Engine (GEE) applications and cloud computing approach. The study results showed that the cover of rice fields in Serang City in 2021 decreased by 602.87 ha (-7.20%) compared to 2019 from the total land cover. Land cover in other vegetation was also reduced by 242 ha (-2.45%), while urban land cover in 2021 increased by 781.82 ha (10.89%). This study shows that there has been a change in land transfer in Serang City due to urban expansion in 3 years, as well as that the use of GEE can streamline monitoring of land-use change and land use cover.

Keywords: *Google Earth Engine*, rice field, Sentinel-2

PENDAHULUAN

Produksi padi di Indonesia khususnya Provinsi Banten merupakan salah satu kunci ketahanan pangan di Indonesia. Kota Serang sebagai ibukota Provinsi Banten juga mengalami kontraksi produksi. Walaupun berstatus kota, Serang masih merupakan kontributor produksi padi bagi Banten. BPS Banten mencatat produksi padi Kota Serang pada tahun 2019 mencapai 67,34 ribu ton atau 4,48% dari total produksi padi Banten (BPS Banten 2021). Konsumsi beras sebagai bahan makanan pokok akan seiring

dengan jumlah penduduk yang ada di Kota Serang, yaitu 688.603 jiwa dengan tingkat kepadatan penduduk 2582 jiwa/km² dan laju pertumbuhan penduduk 1,59% pada tahun 2019 (BPS Kota Serang 2020). Lahan pertanian untuk produksi beras harus bersaing juga dengan kebutuhan lahan untuk pemukiman dan sektor lain yang juga semakin tinggi. Peningkatan jumlah penduduk dan peningkatan aktivitas ekonomi dari sektor lainnya menyebabkan upaya mencapai ketahanan pangan di masa mendatang menjadi semakin berat. Peningkatan tersebut menyebabkan meningkatnya kebutuhan lahan termasuk mengakibatkan alih fungsi lahan pertanian menjadi permukiman, pembangunan infrastruktur (jalan, bendungan, dan sebagainya), atau industri. Pembangunan yang terus dilaksanakan menyebabkan banyak lahan pertanian yang harus beralih fungsi menjadi non-pertanian. Harga lahan yang cukup tinggi menjadi salah satu faktor pemicu para petani untuk melepas kepemilikan lahannya ke

¹ Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Provinsi Banten
Jl. Ciptayasa KM 01 Ciruas Serang Banten 42182

² Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Jl. Tentara Pelajar No. 1A Bogor 16114

³ Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 10 Bogor 16114

* Penulis Korespondensi:

E-mail: tianmulyaqin@pertanian.go.id

investor untuk dialihfungsikan. Artinya, motif ekonomi menjadi salah satu penyebab utama dari alih fungsi lahan (Ridwan 2016; Janah *et al.* 2017). Selain itu, pendapatan petani, luas kepemilikan lahan, sistem waris, pengaruh tetangga yang mengalihfungsikan lahannya, pengaruh pengusaha/investor, keadaan lingkungan, kebijakan pemerintah dan pendidikan petani juga ikut berperan dalam pengambilan keputusan untuk mengalihfungsikan lahan (Martunisa & Noor 2018).

Alih fungsi lahan semakin masif terjadi di wilayah perkotaan dan kadang terjadi gejala penjarangan kota yang tidak teratur atau sering disebut dengan *urban sprawl*. Gejala ini terjadi dalam bentuk pembangunan kota dengan kepadatan rendah atau tersebar tidak teratur dan sering kali juga berimbas pada terjadinya alih fungsi lahan dari sektor pertanian ke pemukiman atau bangunan untuk pemanfaatan sektor lain (Prasetyo 2017). Untuk mengatasi penjarangan kota yang tidak teratur, pemerintah menerbitkan Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang yang telah mengamanatkan asas penyelenggaraan penataan ruang, yaitu keterpaduan, keserasian, keselarasan dan keseimbangan, keberlanjutan, keberdayagunaan dan keberhasilgunaan, keterbukaan, kebersamaan dan kemitraan, perlindungan kepentingan umum, kepastian hukum dan keadilan, serta akuntabilitas. Asas tersebut tentunya ditetapkan demi mencapai dan mewujudkan harmonisasi antara lingkungan alam dan buatan, keterpaduan dalam penggunaan sumber daya alam dan sumber daya buatan dengan memperhatikan sumber daya manusia, serta perlindungan fungsi ruang dan pencegahan dampak negatif pada lingkungan akibat pemanfaatan ruang. Hal ini sesuai dengan tujuan penyelenggaraan penataan ruang, yaitu mewujudkan ruang wilayah nasional yang aman, nyaman, produktif, dan berkelanjutan berlandaskan wawasan nusantara dan ketahanan nasional.

Diharapkan penataan ruang di daerah selaras juga dengan Undang-undang No. 41 Tahun 2009 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan untuk mewujudkan ketahanan, kemandirian dan kedaulatan pangan. Agar cita-cita tersebut terwujud, diperlukan lahan pertanian eksisting dan tidak dialihfungsikan untuk keperluan di luar pertanian pangan. Ekspansi perkotaan sudah berlangsung cukup lama dan tidak terelakkan, sehingga pemerintah daerah perlu memantau kondisi eksisting lahan sawah untuk melihat status ketahanan pangan di daerahnya secara cepat dan akurat.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan tutupan lahan untuk penggunaan tanaman padi sawah dan ekspansi perkotaan dengan cepat ialah menggunakan penginderaan jauh. Satelit-satelit yang membawa sensor optik dan radar telah diluncurkan oleh berbagai badan antariksa di dunia seperti NASA-Amerika Serikat dan ESA-Eropa. Satelit Sentinel-2 adalah bagian dari program *Copernicus* dari

European Commission (EC), *European Space Agency* (ESA) yang telah mengembangkan dan mengoperasikan misi Sentinel-2 untuk memperoleh citra optik resolusi spasial tinggi. Sentinel-2 merupakan misi pencitraan multispektral lebar, resolusi tinggi dengan konstelasi dua satelit yaitu Sentinel-2A dan Sentinel-2B yang diluncurkan tahun 2015 dan 2017. Konstelasi satelit ini memungkinkan dengan frekuensi kunjungan ulang 5 hari di skala global. Instrumen Multispektral S2 (MSI) mengambil sampel 13 *band spectral* (Tabel 1): *visible* (terlihat), dan NIR (*near infrared*) dengan ketinggian 10, *Red Edge* (tepi merah), dan SWIR (*Short Wave Infrared*) pada ketinggian 20 m, dan pita atmosfer pada resolusi spasial 60 m. Fitur tersebut memberikan data yang sesuai untuk menilai keadaan dan perubahan vegetasi, tanah, dan tutupan air (Gascon *et al.* 2016).

Era *big data* saat ini memungkinkan tutupan lahan sawah dapat dideteksi dengan sangat mudah dan terbuka. Salah satu *platform open source* yang sudah memanfaatkan *big data* berupa data citra satelit dan sudah sering dimanfaatkan untuk memetakan dan memantau tutupan lahan, vegetasi, ekspansi perkotaan, dan kepentingan lainnya ialah aplikasi *Google Earth Engine* (GEE) (Mutanga & Kumar 2019). Aplikasi GEE ini merupakan platform komputasi awan yang dirancang untuk menyimpan dan memproses kumpulan data yang sangat besar (pada skala *petabyte*) untuk analisis dan pengambilan keputusan akhir. Selain itu juga GEE dilengkapi bahasa pemrograman yang memungkinkan pengguna menginvestigasi perubahan lahan secara cepat dan akurat.

Google Earth Engine (GEE)

Koleksi data penginderaan jauh geospasial yang disediakan di GEE telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai studi mengenai stadia tanaman padi (Ramadhani *et al.* 2020), perkebunan kelapa sawit (Shaharum *et al.* 2020), deteksi perubahan (Miettinen *et al.* 2019), klasifikasi perkotaan (Nguyen 2020), bahkan digunakan untuk mengkaji kondisi sosial ekonomi di suatu wilayah (Jean *et al.* 2016). Platform GEE merupakan platform *open-source*, tidak berbayar, dan menggunakan *Application Programming Interface* (API) atau *Interactive Development Environment* (IDE) berbasis web (Gambar 1). Pengguna dapat mendaftar dan login melalui tautan <https://earthengine.google.com> dan mengakses antarmuka pengguna, serta panduan penggunaan, bahkan menyediakan kurikulum pendidikannya. Katalog data publik *Earth Engine* adalah kumpulan multi-*petabyte*, yakni kumpulan data geospasial yang banyak digunakan. Sebagian besar katalog terdiri atas citra penginderaan jauh pengamatan bumi, termasuk seluruh arsip Landsat serta arsip lengkap data dari Sentinel-1 dan Sentinel-2, bahkan mencakup prakiraan iklim, data tutupan lahan, dan lainnya (Gorelick *et al.* 2017).

Kajian ini mendeteksi dan memetakan tutupan penggunaan lahan dan alih fungsi lahan padi sawah menggunakan koleksi citra satelit Sentinel-2 pada

aplikasi GEE di Kota Serang pada tahun 2019 dan tahun 2021 guna mendukung pemantauan ketahanan pangan di Provinsi Banten.

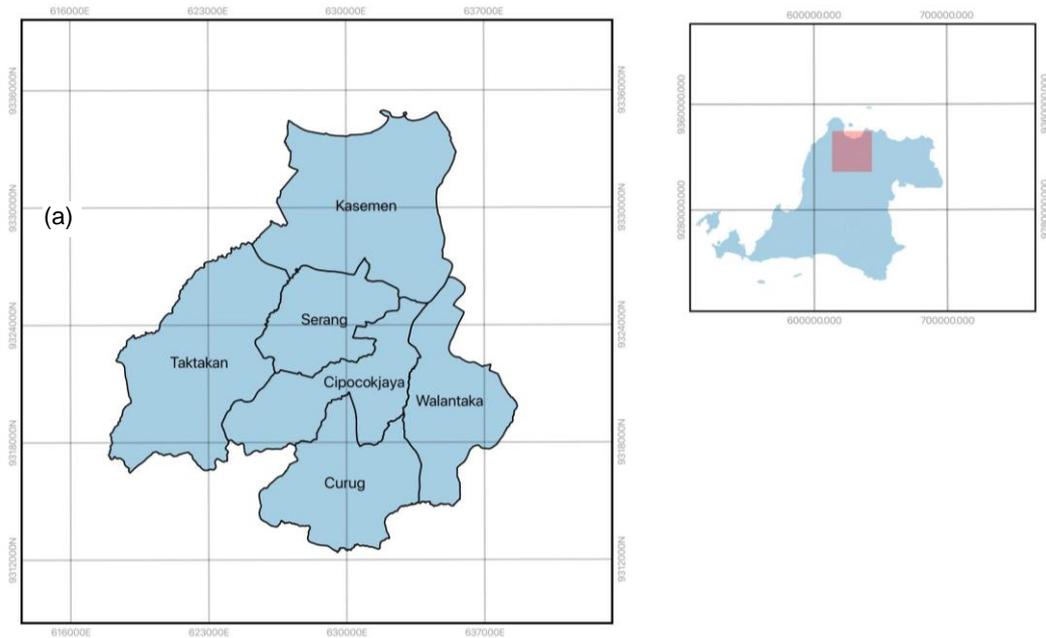
METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

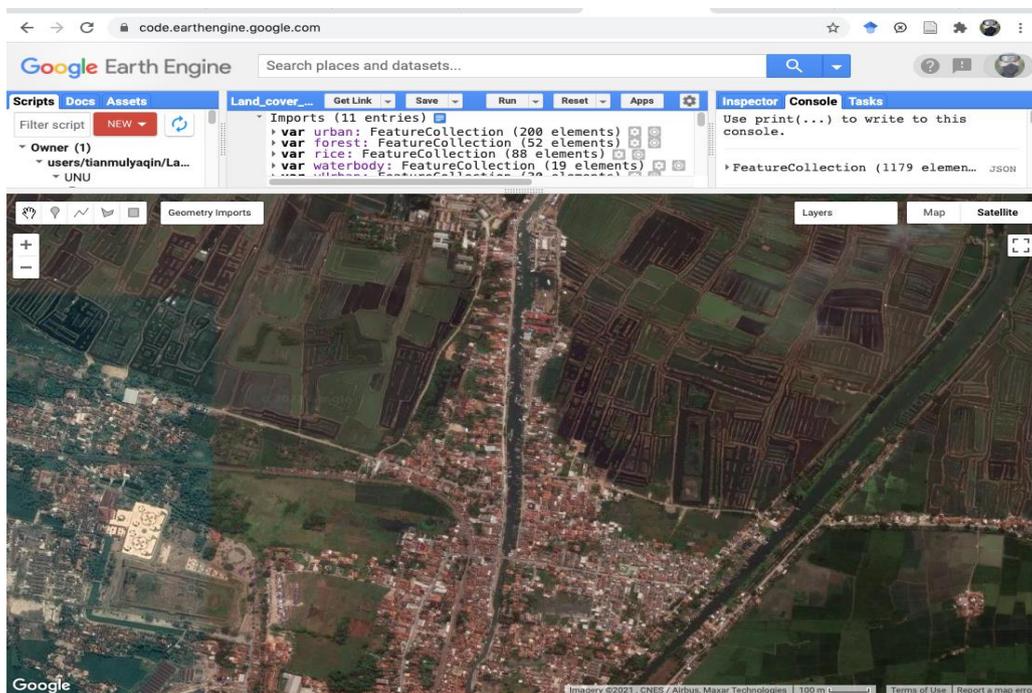
Kota Serang terletak di sebelah utara Provinsi Banten; di sebelah utara berbatasan dengan Laut Jawa, dan sebelah timur, selatan, serta barat berbatasan dengan Kabupaten Serang. Secara

astronomis, kota ini terletak pada $5^{\circ}99' - 6^{\circ}22'$ Lintang Selatan dan $106^{\circ}07' - 106^{\circ}25'$ Bujur Timur (Gambar 2). Luasnya $266,74 \text{ km}^2$ atau 26674 ha dan sebagian besar wilayahnya terletak di dataran rendah dengan ketinggian kurang dari 500 mdpl (BPS Kota Serang 2020).

Kota Serang memiliki potensi lahan sawah 8.474 ha ($4,26\%$) dari total luas baku sawah Provinsi Banten, yaitu 198.520 ha . Sawah di Kota Serang yang luasnya 4.945 ha ($53,04\%$) merupakan sawah irigasi dan sisanya, 3.979 ha ($46,94\%$), merupakan sawah tadah hujan. Hal ini akan memengaruhi frekuensi tanam padi sebab di sawah irigasi padi



Gambar 1 Lokasi penelitian: (a) Kota Serang Provinsi Banten dan (b) Letak Kota Serang di Provinsi Banten.



Gambar 2 Tampilan platform Google Earth Engine (GEE) berbasis web.

dapat ditanam sedikitnya dua kali dalam setahun, sementara sawah tadah hujan dapat ditanami padi tidak lebih dari dua kali dalam setahun (BPS Banten 2020).

Metode

Penelitian ini sepenuhnya menggunakan aplikasi GEE (koleksi dan analisis data) dan aplikasi ArcMap 10.4 untuk membantu membuat *layout* peta. Data yang digunakan dalam penelitian ini ialah dataset Sentinel-2A pada rentang waktu 1 Januari 2019 sampai 31 Desember 2019 dibandingkan dengan dataset Sentinel-2A pada rentang waktu 1 Januari 2021 sampai 31 Desember 2021 untuk menghasilkan peta tutupan lahan di Kota Serang. Untuk mengetahui alih fungsi lahan sawah ke sektor lain sebagai akibat ekspansi perkotaan dilakukan analisis lanjutan dengan menumpang-susun (*overlay*) peta tutupan lahan wilayah perkotaan dengan lahan baku sawah Kota Serang tahun 2019 dan citra satelit *Google Earth* resolusi tinggi.

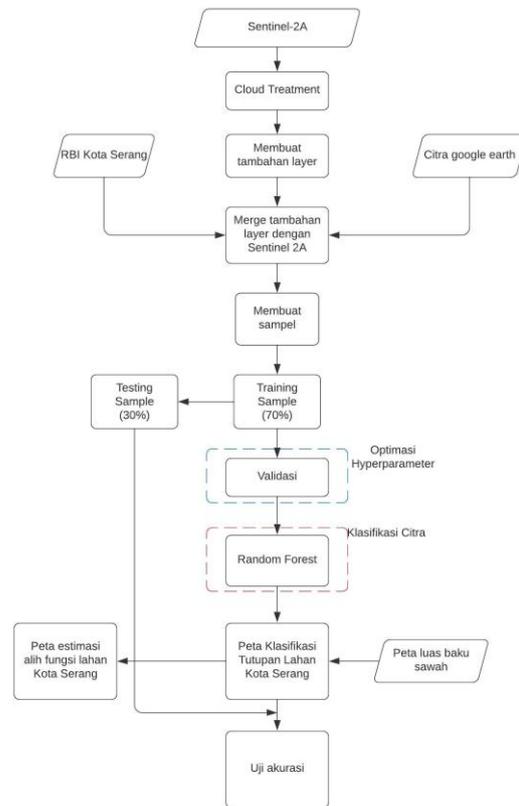
Pada tahap pertama, dipilih citra Sentinel-2 yang bebas awan pada rentang waktu studi, kemudian dibuat *region of interest* (ROI) dengan menumpang-susun citra Sentinel-2 dengan Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Kota Serang, membuat titik sampel analisis dengan melihat citra satelit resolusi tinggi *Google Earth*, dan menganalisis titik sampel menggunakan algoritma mesin pembelajaran (*machine learning*) Random Forest (RF) pada aplikasi GEE. Klasifikasi menggunakan RF sudah digunakan untuk mengklasifikasi tanaman skala luas (Shelestov *et al.* 2017), tutupan lahan tanaman sawit (Descals *et al.* 2019), dan deteksi penebangan-habis hutan (Johansen *et al.* 2015).

Klasifikasi tutupan lahan pada kajian ini dibagi menjadi empat kelas, yaitu sawah, urban (pemukiman, lahan terbangun, jalan dan atau wilayah perkotaan), vegetasi lain, dan air (sungai, kolam, empang, rawa, tambak). Kerangka kerja penelitian diberikan pada Gambar 3.

Data untuk Klasifikasi

Studi ini memanfaatkan data katalog dari Sentinel-2A dan B melalui aplikasi GEE. Data yang digunakan merupakan data Sentinel-2A Bottom of Atmosphere (BOA) yang sudah dilakukan *cloud treatment*. Sentinel-2 sangat baik digunakan untuk memantau, mengklasifikasi, atau mendeteksi perubahan terutama untuk kegiatan pertanian (Zhang *et al.* 2017; Van der Werff & Van der Meer 2016).

Citra satelit Sentinel-2 untuk mengklasifikasi lahan memanfaatkan data 13 pita yang ada pada citra tersebut (Tabel 1). Namun, dari 13 pita, kajian ini hanya memanfaatkan tiga jenis pita, yaitu NIR, Red, dan Green. Selain itu juga digunakan data beberapa indeks untuk mengklasifikasi tutupan lahan, yaitu menggunakan *Normalised Difference Vegetation Index* (NDVI), *Normalised Difference Water Index* (NDWI), dan *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI). Data pita ini dimaksudkan untuk menghasilkan data tambahan (Tabel 2). Sejumlah persamaan digunakan untuk menghasilkan data tambahan yang digunakan



Gambar 3 Kerangka kerja penelitian.

pada tahap klasifikasi citra. Lapisan pada Tabel 2 ditumpang-susun bersama dengan pita Sentinel-2 (Tabel 1) untuk digunakan dalam proses klasifikasi. Lapisan tambahan ini mampu mengekstraksi informasi tertentu dengan cara yang lebih efisien.

Sampel

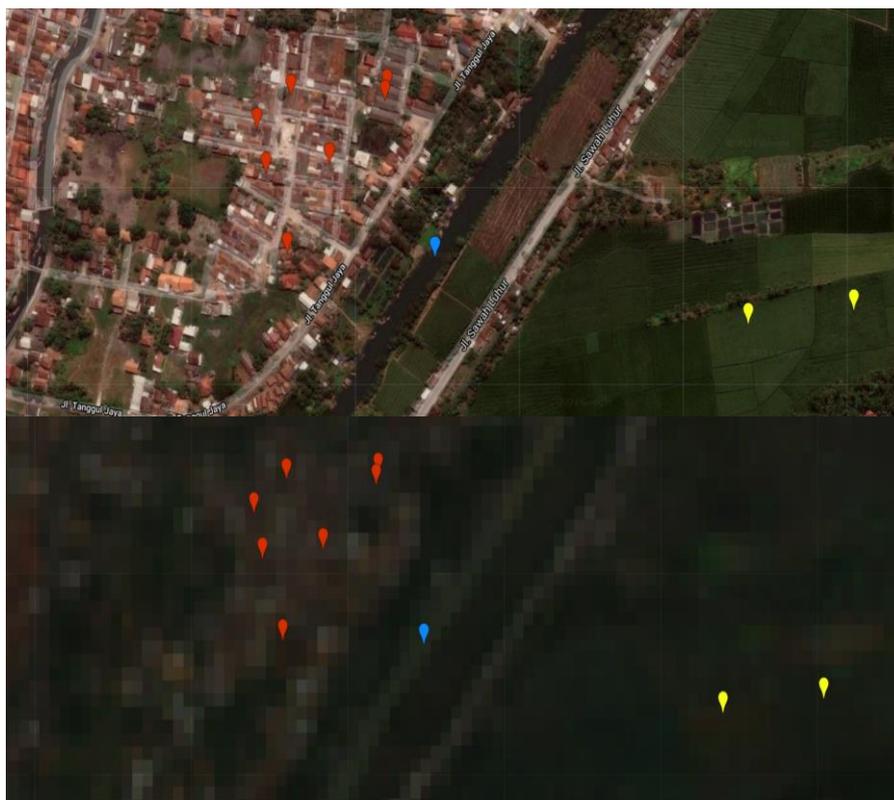
Sampel dibuat pada platform GEE dengan total 4 kelas diidentifikasi: sawah, urban, vegetasi lain, dan air. Sampel dibuat menggunakan format poin yang tersebar di wilayah administrasi Kota Serang, dengan bantuan peta RBI dari Badan Informasi Geospasial guna menentukan batas lokasi penelitian dan citra Google Earth resolusi tinggi dibandingkan dengan citra Sentinel-2 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Sampel kemudian dibagi menjadi dua komponen: pelatihan (*training*) dan validasi. *Training* terdiri atas 70% dari semua sampel yang dibuat (510 titik), yang terdiri atas sawah (200 titik), urban (200 titik), vegetasi lain (60 titik), dan air (50 titik), yang digunakan untuk mengklasifikasikan citra Sentinel 2-A. Sementara validasi merupakan 30% dari semua sampel (153 buah poligon), yang terdiri atas sawah (60 buah), urban (60 buah), vegetasi lain (20 buah), dan air (15 buah) untuk divalidasi dan dinilai akurasi menggunakan RF. Semua sampel ini menjadi hiperparameter yang dipakai oleh mesin pembelajaran dalam pengklasifikasian. Hiperparameter adalah parameter yang nilainya mengendalikan proses pembelajaran dan menentukan nilai parameter model yang akhirnya dipelajari oleh algoritma pembelajaran. Awalan 'hiper_' menunjukkan parameter 'tingkat atas' yang

Tabel 1 Informasi Pita pada Sentinel- 2

Nama pita	Deskripsi	Ukuran piksel (m)	Panjang gelombang (nm)
Pita 1	Aerosols	60	443,9 nm (S2A)/442,3 nm (S2B)
Pita 2	Blue	10	496,6 nm (S2A)/492,1 nm (S2B)
Pita 3	Green	10	560 nm (S2A)/559 nm (S2B)
Pita 4	Red	10	664,5 nm (S2A)/665 nm (S2B)
Pita 5	Red Edge 1	20	703,9 nm (S2A)/703,8 nm (S2B)
Pita 6	Red Edge 2	20	740,2 nm (S2A)/739,1 nm (S2B)
Pita 7	Red Edge 3	20	782,5 nm (S2A)/779,7 nm (S2B)
Pita 8	NIR	10	835,1 nm (S2A)/833 nm (S2B)
Pita 8A	Red Edge 4	20	864,8 nm (S2A)/864 nm (S2B)
Pita 9	Water vapor	60	945 nm (S2A)/943,2 nm (S2B)
Pita 11	SWIR 1	20	1613,7 nm (S2A)/1610,4 nm (S2B)
Pita 12	SWIR 2	20	2202,4 nm (S2A)/2185,7 nm (S2B)

Tabel 2 Lapisan tambahan yang digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan

Lapisan	Rumus	Sumber
NDVI	$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$	(Piragnolo <i>et al.</i> 2018)
NDWI	$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$	
SAVI	$SAVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red + 0.5} * (0.5 + 1)$	



Gambar 4 (a) Citra satelit Google Earth resolusi tinggi, (b) Citra satelit Sentinel-2: titik kuning menunjukkan sampe sawah, titik merah menunjukkan sampel urban (terbangun), dan titik biru menunjukkan sampel air.

mengendalikan proses pembelajaran dan parameter model yang dihasilkannya. Klasifikasi dan validasi dilakukan pada aplikasi GEE dan penilaian akurasi dihitung menggunakan metode matriks konfusi.

Uji Akurasi

Pengujian akurasi bertujuan menilai galat klasifikasi sehingga dapat diketahui persentase ketepatannya (akurasi). Akurasi hasil klasifikasi diuji dengan cara membuat matriks kontingensi yang sering disebut dengan matriks galat (*error matrix*) atau matriks konfusi (*confusion matrix*). Matriks ini dihitung menggunakan fungsi matriks konfusi pada pengkodean di GEE. Dari matriks ini, akurasi suatu klasifikasi dapat dihitung dari akurasi keseluruhan (*overall accuracy*), pembuat akurasi (*producer's accuracy*), akurasi pengguna (*user's accuracy*), dan akurasi kappa (*kappa accuracy*) (Tabel 3). Semakin tinggi nilai akurasinya semakin tinggi pula tingkat kebenaran citra hasil klasifikasi. Pedoman pengolahan data satelit multispektral secara *digital supervised* untuk klasifikasi menetapkan akurasi klasifikasi tutupan lahan adalah rata-rata di atas 75% (LAPAN 2015).

Tingkat akurasi suatu klasifikasi dapat dinilai dari akurasi keseluruhan, pembuat akurasi, dan akurasi pengguna. Menurut (Jensen 2015) untuk mencari nilai ketiga-tiganya digunakan formula sebagai berikut:

Akurasi keseluruhan (OA) merupakan jumlah nilai akurasi keseluruhan dari klasifikasi, yang merupakan perbandingan jumlah total area (piksel) yang diklasifikasikan dengan benar terhadap total area (piksel) observasi; ini menunjukkan tingkat kebenaran citra hasil klasifikasi:

$$\text{Akurasi keseluruhan} = D/N \times 100\% \dots\dots(1)$$

Keterangan:

D = Total nilai baris yang benar yang telah ditambah secara diagonal

N = Total nilai yang benar di dalam matriks galat

Nilai akurasi pembuat (PA) menunjukkan persentase peluang rata-rata suatu piksel akan diklasifikasikan dengan benar dan secara rata-rata menunjukkan seberapa baik setiap kelas di lapangan telah diklasifikasi. Semakin tinggi nilai PA semakin tinggi pula piksel dari kelas tersebut tidak masuk ke kelas yang lain:

$$\text{Akurasi pembuat} = x_{ii} / x_{i+} \times 100\% \dots\dots(2)$$

Keterangan:

x_{ii} = Total nilai sel yang benar di dalam kelas

x_{i+} = Jumlah nilai sel di dalam baris

Nilai Akurasi Pengguna (UA) mengindikasikan persentase peluang rata-rata suatu piksel dari citra yang telah terklasifikasi secara aktual mewakili kelas-kelas tersebut di lapangan. Apabila semua kelas mempunyai nilai akurasi pengguna 100%, ini menunjukkan bahwa pada kelas-kelas tersebut tidak terjadi galat klasifikasi dengan tidak mengambil piksel dari kelas lain:

$$\text{Akurasi pengguna} = x_{ii} / x_{i+} \times 100\% \dots\dots(3)$$

Keterangan:

x_{ii} = Total nilai sel yang benar di dalam kelas

x_{i+} = Jumlah nilai sel di dalam baris

HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi Tutupan Lahan

Dalam kajian ini tutupan lahan kota Serang berhasil dibagi menjadi 4 kelas yaitu sawah, urban, vegetasi lain, dan air. Namun, tujuan utama kajian ini ialah untuk mendeteksi perubahan sebaran lahan yang digunakan untuk padi sawah yang ada di Kota Serang pada tahun 2019 dan tahun 2021. Kelas lahan sawah mengklasifikasikan tutupan lahan yang selalu atau sering digunakan untuk budi daya padi sawah. Kelas urban mengklasifikasikan tutupan lahan berupa bangunan, perumahan, jalan, dan lahan non-pertanian. Adapun kelas vegetasi lain mengklasifikasikan tutupan lahan berupa vegetasi lain selain padi berupa vegetasi besar seperti pohon atau wilayah dapat berupa kebun atau hutan yang terdapat banyak pohon. Kelas air merupakan tutupan lahan yang diklasifikasikan sebagai air seperti kolam/empang, sungai, atau tambak. Seperti diketahui, Kota Serang berbatasan langsung dengan Laut Jawa; masyarakat di sekitar pantai utara banyak membudidayakan ikan pada tambak. Hasil klasifikasi tutupan lahan yang dihasilkan oleh GEE ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 5.

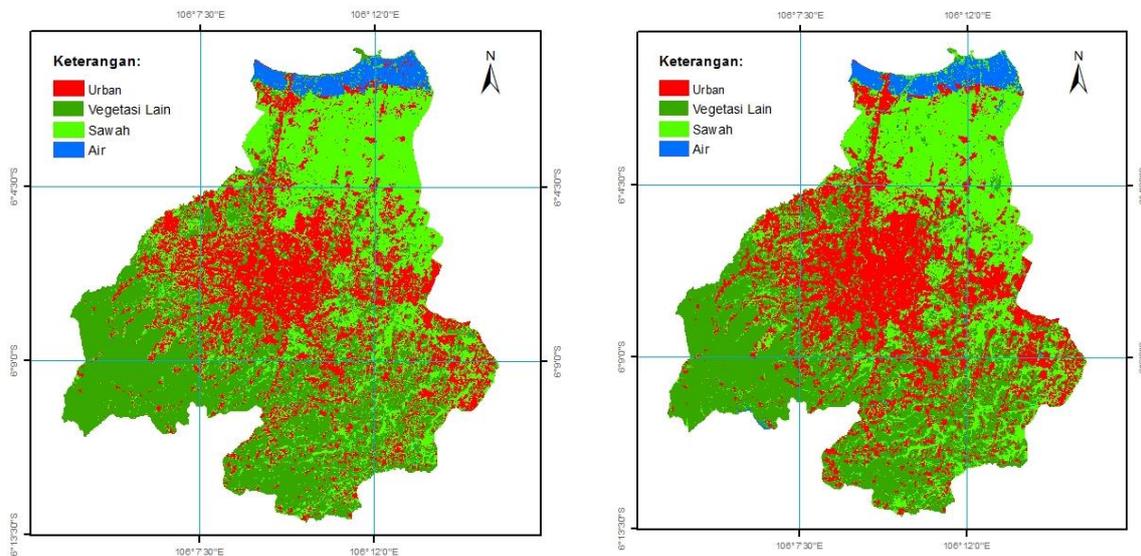
Hasil klasifikasi tutupan lahan menggunakan data Sentinel-2A pada aplikasi GEE menunjukkan bahwa tutupan lahan di Kota Serang didominasi oleh kelas vegetasi lain 9.899,39 ha (37,65%) pada tahun 2019 dan seluas 9.657,22 ha (36,73%) pada tahun 2021.

Tabel 3 Hasil uji akurasi klasifikasi tutupan lahan di Kota Serang

Uraian	Tahun 2019			Tahun 2021		
	Akurasi Pembuat (%)	Akurasi Pengguna (%)	Akurasi Keseluruhan (%)	Akurasi Pembuat (%)	Akurasi Pengguna (%)	Akurasi Keseluruhan
Urban	93,36	94,69	96,56	98,39	91,40	95,59
Vegetasi Lain	100,00	99,60		99,73	97,23	
Sawah	94,88	93,68		88,30	96,79	
Air	96,41	98,17		92,81	98,10	

Tabel 4 Luas tutupan lahan berdasarkan klasifikasi di Kota Serang

Kelas	Tahun 2019		Tahun 2021		Selisih	
	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%
Urban	7.180,63	27,31	7.962,45	30,28	781,82	10,89
Vegetasi Lain	9.899,39	37,65	9.657,22	36,73	-242,17	-2,45
Sawah	8.376,36	31,86	7.773,49	29,56	-602,87	-7,20
Air	838,34	3,19	901,56	3,43	63,22	7,54
Total	26.294,72	100,00	26.294,72	100,00		

Gambar 5 Hasil klasifikasi tutupan lahan oleh *Google Earth Engine* (GEE) di Kota Serang (a) tahun 2019 dan (b) tahun 2021.

Vegetasi lain ini dapat berupa tanaman atau pohon di hutan dan atau di kebun, semak, dan lainnya selain tanaman padi. Tutupan lahan kedua didominasi oleh sawah seluas 8.376,36 ha (31,86%) pada tahun 2019, tetapi pada tahun 2021 urutan kedua didominasi oleh kelas urban 7.962,45 ha (30,28%). Data ini memperlihatkan perubahan alih fungsi lahan sawah ke sektor lain berupa kelas urban. Tutupan lahan ketiga, pada tahun 2019 didominasi oleh kelas urban 7.189,63 ha (27,31%), sementara pada tahun 2021 didominasi oleh kelas sawah 7.773,49 ha (29,56%). Tutupan lahan keempat, pada tahun 2019 dan 2021 sama-sama didominasi oleh tutupan lahan berupa kelas air, berturut-turut 838,34 ha (3,19%) dan 901,56 ha (3,43%) dari total tutupan lahan (Gambar 6).

Hasil Uji Akurasi

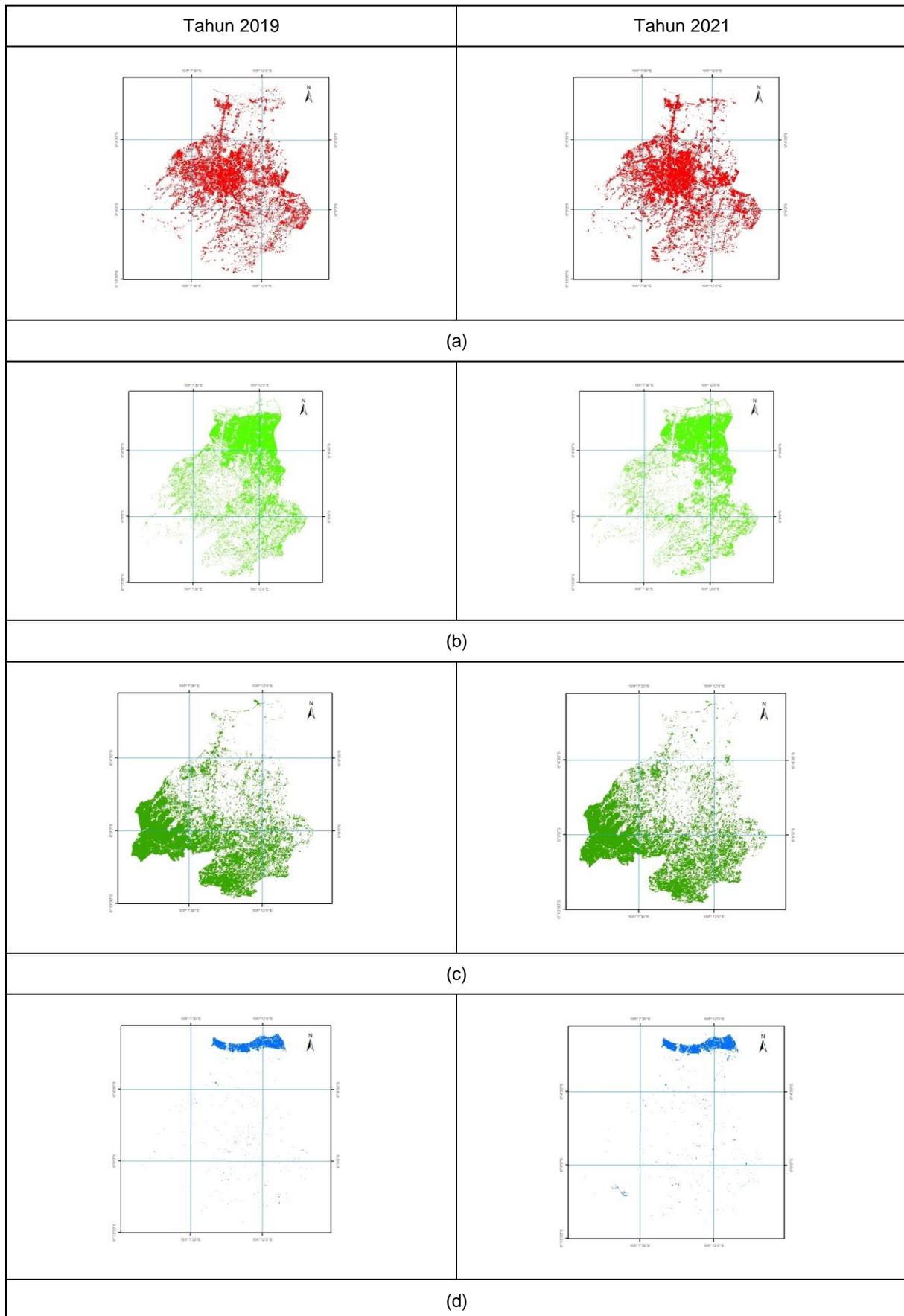
Tingkat akurasi klasifikasi dan pemetaan lahan sawah menggunakan GEE dapat dinilai dari nilai akurasi keseluruhan, akurasi pembuat, dan akurasi pengguna yang dihasilkan dari matriks konfusi pada aplikasi GEE (Tabel 4). Perhitungan matriks dan hasil analisis GEE menunjukkan akurasi keseluruhan dari citra yang diklasifikasikan ke dalam 4 kelas memiliki tingkat akurasi keseluruhan 96,56% (tahun 2019) dan 95,59% (tahun 2021). Nilai akurasi pembuat dan akurasi pengguna pada klasifikasi kajian ini pun menunjukkan akurasi yang baik, dengan nilai di atas 90% untuk semua kelas baik untuk tahun 2019, kecuali untuk kelas sawah sebesar 88,30% pada

tahun 2021.

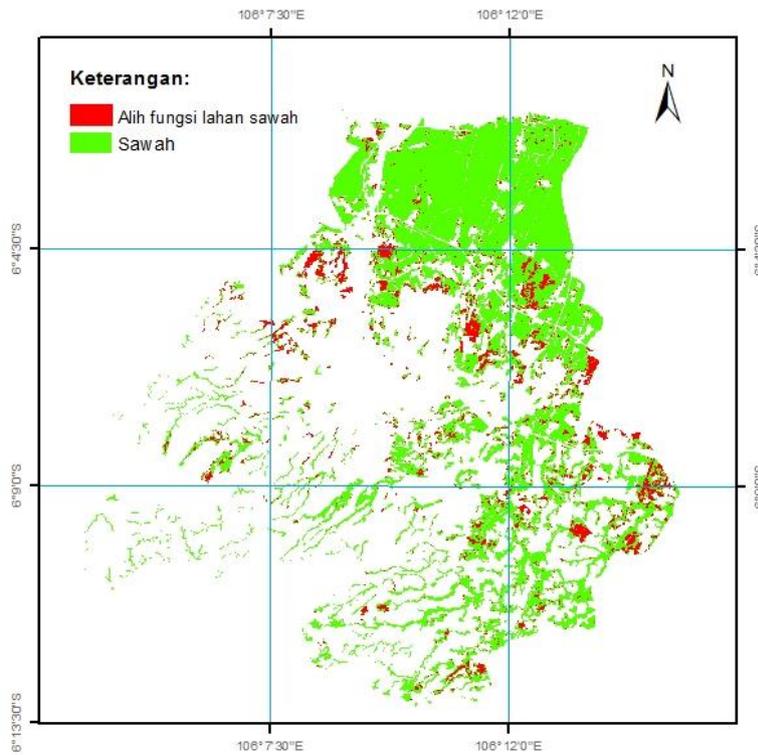
Estimasi Alih Fungsi Lahan Sawah

Hasil klasifikasi tutupan lahan menggunakan data Sentinel-2A pada aplikasi GEE (Tabel 4) juga menunjukkan bahwa tutupan lahan sawah menurun 7,20% (602,87 ha) pada tahun 2021 dibandingkan tahun 2019. Hal sama juga terjadi pada tutupan lahan untuk vegetasi lain, menurun 2,45% (242,17 ha). Penurunan ini diduga karena ekspansi dari tutupan lahan berupa kelas lain, yaitu urban dan atau tutupan lahan berupa air. Hal ini dibuktikan dengan meningkatnya tutupan lahan untuk kelas urban 10,89% (781,82 ha) pada tahun 2021 dibandingkan tahun 2019. Selain itu, tutupan lahan untuk kelas air juga meningkat 7,54% (63,22 ha).

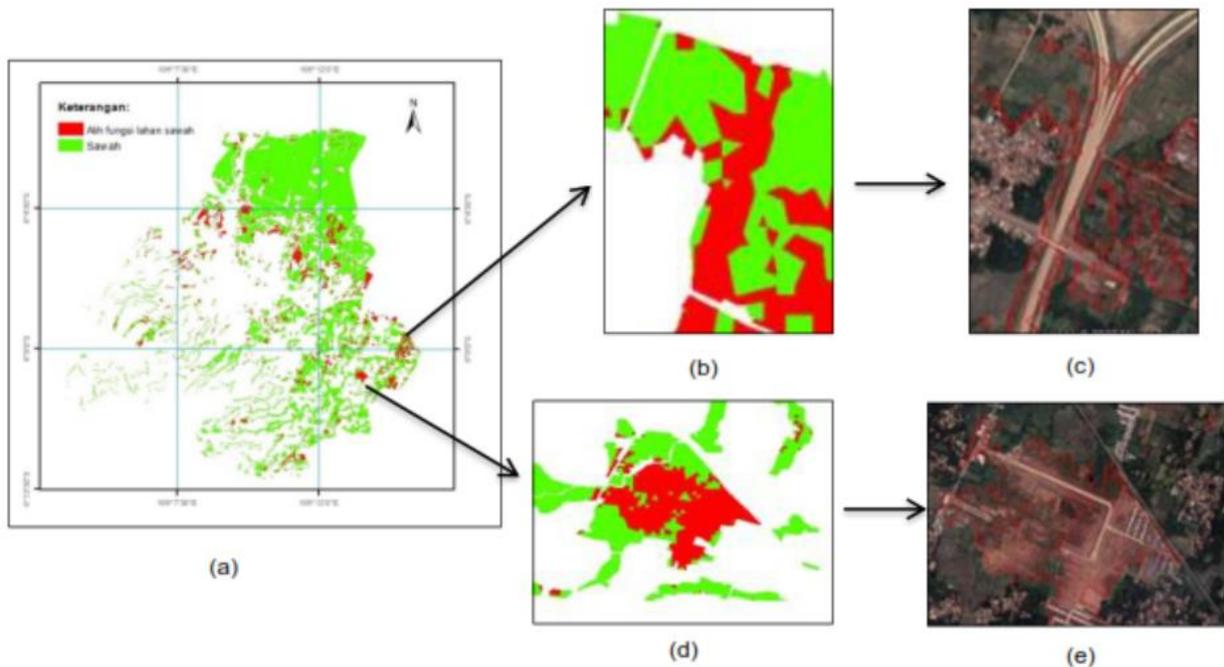
Berdasarkan kajian ini, lokasi atau titik yang mengalami alih fungsi lahan sawah ke sektor lain dideteksi dengan menganalisis peta lebih lanjut. Peta dianalisis lebih lanjut dengan menumpang-susun peta hasil klasifikasi kelas urban dengan luas baku sawah dan citra satelit *Google Earth* yang beresolusi tinggi. Hasil estimasi ekspansi urban ke lahan sawah dapat dilihat pada peta estimasi alih fungsi lahan (Gambar 7). Ekspansi urban terjadi hampir di seluruh wilayah Kota Serang. Dengan membandingkan peta hasil estimasi alih fungsi lahan dengan citra satelit resolusi tinggi *Google Earth*, diduga beberapa jenis ekspansi perkotaan yang terjadi dapat berupa perumahan/pemukiman, jalan, dan lahan kosong



Gambar 6 Peta hasil klasifikasi citra Sentinel-2 menggunakan GEE pada tahun 2019 dan tahun 2021 (a) Peta tutupan lahan berupa urban area; (b) Peta tutupan lahan berupa sawah; (c) Peta tutupan lahan berupa vegetasi lain; (d) Peta tutupan lahan berupa air.



Gambar 7 Peta estimasi alih fungsi lahan sawah pada tahun 2021 dibandingkan tahun 2019.



Gambar 8 Deteksi alih fungsi lahan sawah sentinel-2 divalidasi dengan citra google earth (a) Peta estimasi alih fungsi lahan sawah; (b) titik diduga lokasi alih fungsi lahan sawah; (c) terjadi alih fungsi lahan sawah ke jalan dan lainnya; (d) titik diduga lokasi alih fungsi lahan sawah; (e) terjadi alih fungsi lahan sawah menjadi perumahan atau pemukiman

untuk kegiatan sektor lain. Kelebihan dari Sentinel-2 adalah resolusi yang tinggi sehingga memungkinkan lokasi dan bentuk perubahan lahan pertanian ke non-pertanian secara akurat dapat diketahui. Gambar 8 memperlihatkan hasil deteksi alih fungsi lahan sawah divalidasi dengan citra satelit *Google Earth* sehingga

terlihat bahwa di Kota Serang terjadi perubahan lahan sawah ke perumahan atau pemukiman, jalan tol, dan sektor lain.

Peta hasil estimasi alih fungsi lahan sawah ini dapat dimanfaatkan oleh pemangku kepentingan untuk memantau dan mendeteksi dini ekspansi

perkotaan yang tidak teratur atau tidak sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah di Kota Serang. Perhatian ditujukan terutama berkaitan dengan alih fungsi lahan sawah, sebab sawah merupakan salah satu faktor utama dalam penyediaan pangan di Kota Serang.

KESIMPULAN

Pemanfaatan citra satelit Sentinel-2 menggunakan aplikasi *Google Earth Engine* dapat memetakan tutupan lahan sawah dan mendeteksi perubahan alih fungsi lahan sawah ke sektor lain. Kota Serang memiliki tutupan lahan berupa sawah seluas 29,56% (7.773,49 ha) dari total luas Kota Serang pada tahun 2021. Perubahan alih fungsi lahan terdeteksi mencapai 7,20% (602,87 ha) pada tahun 2021 dibandingkan tahun 2019. Alih fungsi lahan sawah ke sektor lain diakibatkan oleh ekspansi perkotaan berupa pembangunan perumahan atau pemukiman, jalan tol, serta perubahan ke sektor lainnya. Tutupan lahan menggunakan citra satelit Sentinel-2 dan aplikasi GEE dapat dipetakan dengan cepat dan cukup akurat, sebagaimana ditunjukkan dengan tingkat akurasi keseluruhan yang melebihi 90%. Informasi tutupan lahan berupa lahan sawah akan sangat bermanfaat bagi para pemangku kepentingan untuk menentukan kebijakan yang berkaitan dengan produksi pangan dan status ketahanan pangan di wilayahnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik Banten. 2020. *Luas Lahan Menurut Penggunaannya Provinsi Banten Tahun 2020*. Serang (ID): BPS Provinsi Banten.
- [BPS] Badan Pusat Statistik Banten. 2021. *Provinsi Banten Dalam Angka 2020*. Serang (ID): BPS Provinsi Banten.
- [BPS] Badan Pusat Statistik Kota Serang. 2020. *Kota Serang Dalam Angka 2020*. Serang (ID): BPS Kota Serang.
- Descals A, Szantoi Z, Meijaard E, Sutikno H, Rindanata G, Wich S. 2019. "Oil Palm (*Elaeis Guineensis*) Mapping with Details: Smallholder versus Industrial Plantations and Their Extent in Riau, Sumatra." *Remote Sensing* 11(21). <https://doi.org/10.3390/rs11212590>
- Gascon F, Thépaut O, Jung M, Francesconi B, Louis J, Lonjou V, Lafrance B, Massera S, Vacaresse AG, Languille F, Alhammoud B, Viallefont F, Pflug B, Vieniarz J, Clerc S, Pessiot L, Tremas T, Cadau E, Bonis RD, Isola C, Martimort P, Fernandez v. 2016. "Copernicus Sentinel-2 Calibration and Products Validation Status." *Remote Sensing* 9(6): 1–81. <https://doi.org/10.20944/preprints>
- 201610.0078.v1
- Gorelick N, Hancher M, Dixon M, Ilyuschenko S, Thau D, Moore R. 2017. "Google Earth Engine: Planetary-Scale Geospatial Analysis for Everyone." *Remote Sensing of Environment* 202: 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Janah, R, B.T Eddy, and T Dalmiyatun. 2017. "Alih Fungsi Lahan Pertanian Dan Dampaknya Terhadap Kehidupan Penduduk Di Kecamatan Sayung Kabupaten Demak (Changes In Agricultural Land Use And Its Impacts On The Lives Of Farmers At Sayung Subdistrict, Demak Regency)." *Agrisocionomics* 1(1): 1–10. <https://doi.org/10.14710/agrisocionomics.v1i1.1629>
- Jean N, Burke M, Xie M, Davis WM, Lobel DB, Ermon S. 2016. "Combining Satellite Imagery and Machine Learning to Predict Poverty." *Science* 353(6301): 790–794. <https://doi.org/10.1126/science.aaf7894>
- Jensen, John R. 2015. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. 4th editio. United State of America: Pearson. www.pearsonhighere.com.
- Johansen, Kasper, Stuart Phinn, and Martin Taylor. 2015. "Mapping Woody Vegetation Clearing in Queensland, Australia from Landsat Imagery Using the Google Earth Engine." *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 1(October 2017): 36–49. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2015.06.002>
- LAPAN. 2015. "Pedoman Pengolahan Data Satelit Multispektral Secara Digital Supervised Untuk Klasifikasi." : 1–8. http://pusfatja.lapan.go.id/files/uploads_ebook/pedoman/000_Buku_Pedoman_Klasifikasi_final.pdf.
- Martunisa, Prilly, and Trisna Insan Noor. 2018. "Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Proses Alih Fungsi Lahan Padi Sawah Di Kelurahan Kersanegara, Kecamatan Cibeureum, Kota Tasikmalaya, Provinsi Jawa Barat." *Jurnal Rekayasa Hijau*. 2(1). <https://doi.org/10.26760/jrh.v2i1.2038>
- Miettinen, Jukka, David L.A. Gaveau, and Soo Chin Liew. 2019. "Comparison of Visual and Automated Oil Palm Mapping in Borneo." *International Journal of Remote Sensing* 40(21): 8174–85. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1479799>
- Mutanga, Onesimo, and Lalit Kumar. 2019. "Google Earth Engine Applications." *Remote Sensing* 11(591): 11–14. <https://doi.org/10.3390/rs11050591>
- Nguyen, Luong B. 2020. "Land Cover Change Detection in Northwestern Vietnam Using Landsat Images and Google Earth Engine." *Journal of Water and Land Development* 46(October): 162–69.

- Piragnolo, M., G. Lusiani, and F. Pirotti. 2018. "Comparison of Vegetation Indices from RPAS and Sentinel-2 Imagery for Detecting Permanent Pastures." *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives* 42(3): 1381–87. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-3-1381-2018>
- Prasetyo, Arief. 2017. "Pola Spasial Penjalaran Perkotaan Bodetabek: Studi Aplikasi Model Shannon'S Entropy." *Jurnal Geografi Gea* 16(2): 144. <https://doi.org/10.17509/gea.v16i2.2439>
- Ramadhani, Fadhlullah, Reddy Pullanagari, Gabor Kereszturi, and Jonathan Procter. 2020. "Automatic Mapping of Rice Growth Stages Using the Integration of Sentinel-2, Mod13q1, and Sentinel-1." *Remote Sensing* 12(21): 1–21. <https://doi.org/10.3390/rs12213613>
- Ridwan, Ita Rustiati. 2016. "Faktor-Faktor Penyebab Dan Dampak Konversi Lahan Pertanian." *Jurnal Geografi Gea*. 9(2). <https://doi.org/10.17509/gea.v9i2.2448>
- Shaharum N, Shafri H, Ghani W, Samsatli S, Al-Habshi M, Yusuf B. 2020. "Oil Palm Mapping over Peninsular Malaysia Using *Google Earth Engine* and Machine Learning Algorithms." *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 17(January): 100287. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100287>
- Shelestov, Andrii, Mykola Lavreniuk, Nataliia Kussul, and Alexei Novikov. 2017. "Exploring *Google Earth Engine* Platform for Big Data Processing: Classification of Multi-Temporal Satellite Imagery for Crop Mapping." 5(February): 1–10. <https://doi.org/10.3389/feart.2017.00017>