

Interpretasi Perubahan Tutupan Lahan di Kabupaten Situbondo Berbasis Citra Sentinel-2

Farid Lukman Hakim, Angga Arya Wijaya, Indarto, Bambang Marhaenanto*, Heru Ernanda

Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

lukmanhakimfarid@gmail.com, 171710201045@mail.unej.ac.id, indarto.ftp@unej.ac.id, bmarhaen@unej.ac.id, heru.ernanda@unej.ac.id

Keywords:

*Sentinel-2,
Land-use,
Land-cover,
Change,
Situbondo*

ABSTRACT

Land cover is the physical form of the earth's surface, such as water bodies, rocks, built-up land, forests, and others, regardless of human activities. Observing land cover changes can be done by comparing two or more map editions. This study aims to obtain information on land cover and its changes by utilizing Sentinel-2 imagery in the Situbondo Regency ($\pm 1651.35 \text{ km}^2$). Two periods of image collections were used as the input (2015 and 2019). Ten land cover classes have been identified, i.e., (1) built-up land, (2) dry cropland, (3) paddy fields, (4) water bodies, (5) forest, (6) plantation, (7) shrubland, (8) ponds, (9) sand/barren land, and (10) clouds. The Kappa accuracy values for classified images indicate relevant results, 91.9% (2015) and 94.13% (2019). Significant changes occurred in the plantation and shrubland. There was an increase in the plantation by 5.11% (84.39 km^2), while in the shrubland, there was a decrease of 5.52% (91.27 km^2). Other classes that experienced expansion were built-up by 2.88% (47.64 km^2), ponds by 0.09% (1.51 km^2), and sand/barren land by 3.19% (52.81 km^2). Conversely, the expansion has reduced dry cropland by 0.65% (10.76 km^2), rice fields by 3.94% (65.12 km^2), and forests by 1.53% (25.24 km^2).

Kata Kunci

*Sentinel-2,
Klasifikasi,
Tutupan Lahan,
Perubahan,
Situbondo*

ABSTRAK

Tutupan lahan adalah bentuk fisik permukaan bumi seperti badan air, bebatuan, lahan terbangun, hutan, dan sebagainya tanpa memperhatikan kegiatan manusia terhadap objek tersebut. Identifikasi perubahan tutupan lahan dapat diperoleh dengan membandingkan dua atau lebih edisi peta. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tutupan lahan dan perubahannya dengan memanfaatkan citra Sentinel-2 pada area Kabupaten Situbondo ($\pm 1651.35 \text{ km}^2$). Dua periode akuisisi citra digunakan dalam penelitian ini (2015 dan 2019). Terdapat 10 kelas tutupan lahan yang berhasil diidentifikasi, yaitu (1) lahan terbangun, (2) tegalan/ladang, (3) sawah, (4) badan air, (5) hutan, (6) kebun, (7) lahan kering, (8) tambak, (9) pasir/tanah kosong, dan (10) awan sebagai kelas yang tidak terkласifikasi. Nilai akurasi Kappa citra terklasifikasi menunjukkan hasil yang cukup relevan, 91.9% (2015) dan 94.13% (2019). Perubahan cukup signifikan terjadi pada kelas tutupan kebun dan lahan kering. Pada kelas kebun terjadi peningkatan sebesar 5.11% (84.39 km^2), sedangkan pada kelas lahan kering terjadi penurunan sebesar 5.52% (91.27 km^2). Kelas lain yang mengalami perluasan yaitu pemukiman sebesar 2.88% (47.64 km^2), tambak sebesar 0.09% (1.51 km^2), dan pasir/tanah kosong sebesar 3.19% (52.81 km^2). Tiga kelas lainnya mengalami penurunan luasan sebagai akibatnya, yaitu tegalan/ladang sebesar 0.65% (10.76 km^2), sawah sebesar 3.94% (65.12 km^2), dan hutan sebesar 1.53% (25.24 km^2).

Korespondensi Penulis:

Bambang Marhaenanto,
Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember,
Jl. Kalimantan 37, Kampus Tegalboto Jember 68121
Email: bmarhaen@unej.ac.id

1. PENDAHULUAN

Lahan dapat diartikan sebagai suatu daerah di permukaan bumi yang memiliki sifat bervariasi dengan berbagai faktor tertentu. Dalam hal ini lahan merupakan satu kesatuan dari berbagai sumber daya alam, yang dapat mengalami kerusakan dan atau penurunan produktivitas sumber daya yang ada di dalamnya[1]. Hal tersebut disebabkan oleh suatu lahan yang dimanfaatkan kegunaannya dalam konteks sosial-ekonomi, yaitu lahan digunakan sebagai tempat untuk bermukim, bercocok tanam, pembangunan industri, dan berbagai macam fungsi lainnya. Tutupan lahan atau *land cover* adalah bentuk fisik (visual) permukaan bumi seperti badan air, bebatuan, lahan terbangun, hutan, dan sebagainya tanpa memperhatikan kegiatan manusia terhadap objek tersebut[2]. Pada umumnya istilah tutupan lahan sering disamakan dengan istilah penggunaan lahan. Namun, antara tutupan lahan dengan penggunaan lahan memiliki istilah dan aplikasi yang berbeda. Penggunaan lahan sangat berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang lahan (permukiman, perkebunan, perkotaan, dan sebagainya). Tutupan lahan mengacu pada fitur fisik di permukaan bumi sedangkan penggunaan lahan secara khusus mengacu pada kegiatan manusia dari apa yang ada di permukaan bumi[3]. Kegunaan dari tutupan lahan sebagai penyedia informasi terkait kondisi maupun luasan dari kenampakan fisik permukaan bumi. Informasi tutupan lahan yang akurat dapat digunakan untuk mempelajari perubahan iklim dan keterkaitan antara aktivitas manusia dengan fenomena alam yang terjadi di permukaan bumi[4]. Selain itu, tutupan lahan dapat digunakan untuk pengembangan strategi perencanaan dan pengelolaan lahan[5].

Perubahan tutupan lahan merupakan berubahnya suatu bentuk dan lokasi penggunaan lahan yang lama menjadi yang baru. Secara sederhana dapat diartikan sebagai lahan sawah yang pada umumnya digunakan untuk pertanian beralih fungsi menjadi lahan terbangun untuk permukiman, perkotaan, kawasan industri, dan sebagainya. Terdapat berbagai macam faktor yang mengakibatkan berubahnya tutupan lahan dari waktu ke waktu. Faktor sosial ekonomi menjadi faktor utama untuk terjadinya peralihan pemanfaatan lahan. Alih fungsi lahan seperti hutan yang dilakukan secara besar-besaran menjadi permukiman atau lokasi industri dapat berdampak pada terjadinya bencana alam dan rusaknya ekosistem lingkungan. Pemanfaatan lahan yang tidak sesuai dan kurangnya vegetasi penutup tanah dapat meningkatkan potensi erosi. Selain itu, bencana alam lainnya seperti banjir dapat terjadi di sekitar wilayah tersebut[6].

Perubahan penggunaan lahan tersebut akan terus terjadi dari waktu ke waktu. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi sejalan dengan semakin meningkatnya pertambahan jumlah penduduk yang secara langsung berdampak pada kebutuhan terhadap lahan yang semakin meningkat[7]. Sebagai contoh, Kabupaten Situbondo telah mengalami pertumbuhan penduduk sebesar 2% dari tahun 2015 hingga 2019. Pada tahun 2015 jumlah penduduk di Kabupaten Situbondo yaitu 669.713 jiwa[8], sedangkan pada tahun 2019 sebesar 682.978 jiwa [9]. Pertambahan jumlah penduduk sebanyak 13.265 jiwa dalam beberapa tahun tersebut berpotensi untuk terjadinya perubahan tutupan lahan.

Kabupaten Situbondo dengan wilayah yang sangat luas dapat dipetakan perubahan tutupan lahannya. Ketersediaan informasi tentang tutupan lahan sangat penting untuk pengembangan strategi perencanaan dan pengelolaan lahan [5]. Melalui peta perubahan tutupan lahan dapat diketahui kondisi dan luasan lahan yang telah berubah atau beralih fungsi sehingga ketersediaan lahan yang sudah terbatas dapat dikembangkan lebih lanjut. Selain itu, informasi tentang pola perubahan tutupan lahan dapat mencegah dan mengantisipasi dampak negatif yang akan terjadi akibat perubahan tutupan lahan dalam jumlah yang besar. Untuk mengetahui perubahan tutupan lahan tersebut dapat memanfaatkan penginderaan jauh atau *remote sensing*.

Penginderaan jauh merupakan suatu metode untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, areal, atau fenomena geografis melalui analisis data yang telah digunakan secara luas untuk pertanian, biologi, pertambangan, kelauatan, dan sebagainya [10]. Data yang dapat digunakan untuk penginderaan jauh yaitu citra satelit. Penggunaan citra satelit ini dapat diaplikasikan dengan mudah, tidak membutuhkan banyak waktu, tenaga dan biaya untuk memetakan perubahan tutupan lahan di wilayah Kabupaten

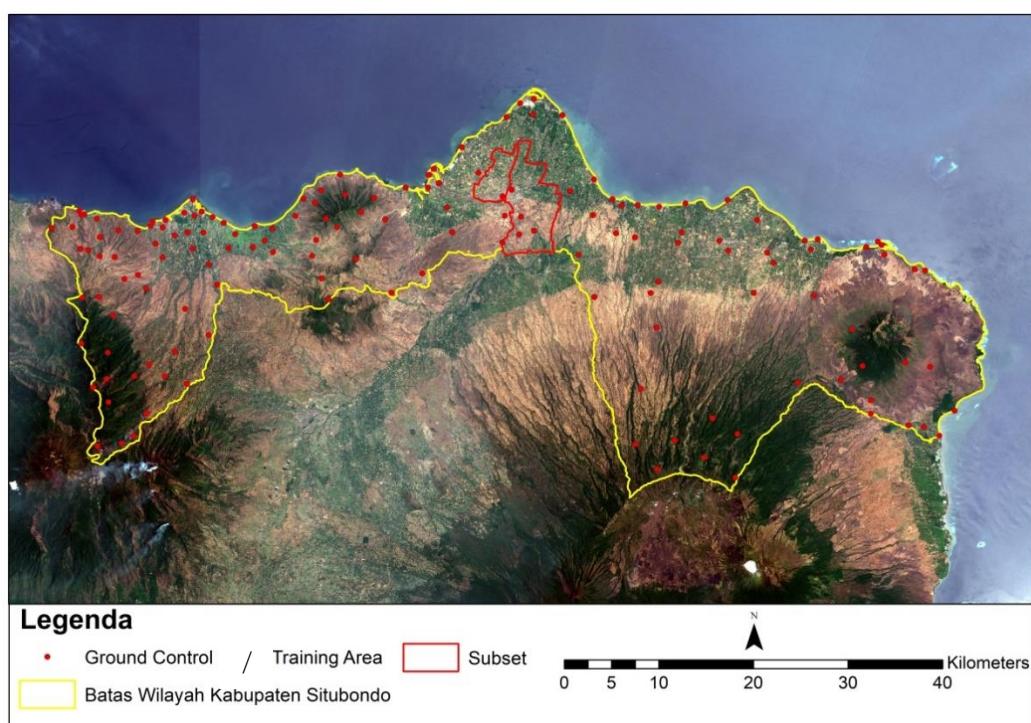
Situbondo. Penggunaan citra satelit dalam deteksi penutupan lahan telah banyak digunakan karena memiliki resolusi temporal yang baik dan cakupan wilayahnya yang luas [11].

Terdapat berbagai macam citra satelit dengan resolusi rendah, menengah, dan tinggi. Data citra satelit tersebut dapat diakses secara gratis maupun berbayar. Salah satu citra satelit yang dapat digunakan yaitu Sentinel-2. Sentinel-2 adalah salah satu citra satelit yang gratis dengan ketelitian spasial sedang dan ketelitian spektral tinggi [12]. Pemanfaatan Sentinel-2 telah banyak digunakan untuk memetakan tutupan lahan karena dapat diaplikasikan dengan mudah dan cepat tanpa melakukan digitasi manual. Dengan demikian, penggunaan citra satelit Sentinel-2 dapat menjadi salah satu alternatif untuk memetakan perubahan tutupan lahan yang efektif dan efisien di wilayah Kabupaten Situbondo.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Wilayah dan data penelitian

Waktu penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2020 sampai dengan bulan April 2021. Wilayah penelitian yaitu di Kabupaten Situbondo. Peta wilayah penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Wilayah Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain software MultiSpec[©] untuk pengolahan data dengan metode klasifikasi *supervised maximum likelihood*; QGIS versi 3.2 untuk pra pengolahan data (koreksi atmosferik, komposit, *mosaic*, dan *clipping* citra), GPS untuk mendapatkan titik kontrol *training* pada saat survei lapang. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu citra satelit Sentinel-2 wilayah Kabupaten Situbondo dan Probolinggo waktu perekaman tahun 2015 dan 2019, peta RBI tahun 2000, batas wilayah Kabupaten Situbondo, dan data *ground control* untuk pembuatan *training area*.

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu citra satelit Sentinel-2. Data tersebut dapat diunduh secara gratis. Mengunduh citra satelit Sentinel-2 wilayah Situbondo dan Probolinggo, tahun perekaman 2015 dan 2019 dengan tutupan awan <10% pada laman earthexplorer.usgs.gov. Tabel metadata citra satelit Sentinel-2 yang telah diunduh ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Metadata Citra Sentinel-2 Penelitian

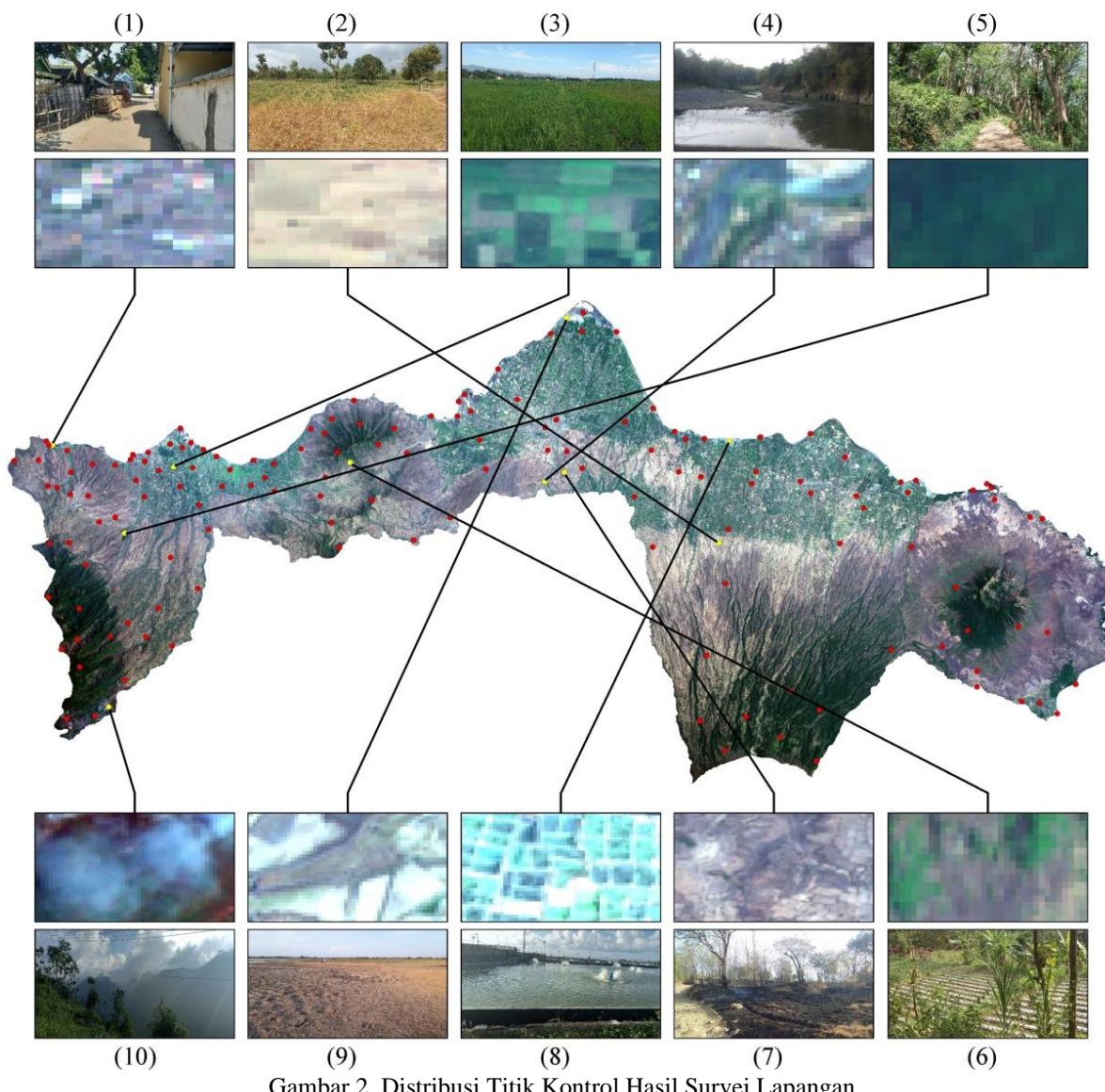
Tanggal Akuisisi	Tile Number	Cloud Cover (%)	Tipe Data
24 Oktober 2015	T49MHM	0.1292	S2A_MSIL1C
24 Oktober 2015	T49MGM	2.3002	S2A_MSIL1C
17 November 2019	T49MHM	0.1441	S2B_MSIL1C
17 November 2019	T49MGM	0.3220	S2B_MSIL1C

2.2 Pemrosesan data

Koreksi atmosferik dilakukan untuk memaksimalkan nilai reflektan yang dihasilkan oleh objek bumi dengan menghilangkan efek atmosferik seperti uap air dan debu[13]. Koreksi atmosferik dilakukan dengan menggunakan menu *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) dan algoritma *Dark Object Subtraction* (DOS) yang berada pada software QGIS. DOS dapat diartikan sebagai koreksi absolut reflektan satelit yang dikonversikan menjadi nilai reflektan permukaan.

Komposit citra dilakukan untuk menggabungkan atau mengkombinasikan beberapa band sesuai dengan obyek yang diteliti. Kombinasi band tersebut harus menghasilkan *Optimum Index Factor* (OIF) tertinggi. OIF dipilih sebagai metode untuk menentukan kombinasi band yang memaksimalkan variabilitas dalam sebuah adegan multispektral tertentu yang didasarkan perbedaan pada jumlah total dan korelasi di antara semua kombinasi band dalam suatu data[14]. Kombinasi band yang digunakan pada Sentinel-2A yaitu band 2 (*blue*), 3 (*green*), 4 (*red*), 5 (*vegetation red edge*), dan 8A (*near infrared*).

Pembuatan *training area* dilakukan berdasarkan data *ground control* yang diperoleh dari proses survei lapang. Total sebanyak 153 titik telah diambil di wilayah Kabupaten Situbondo yang tersebar secara acak dan mewakili setiap kelas tutupan lahan yang ada (terkecuali untuk kelas tutupan awan). *Training area* dibuat pada citra komposit yang telah hasil *mosaic* dan *clip* sesuai batas wilayah penelitian. Gambar 2 berikut merupakan distribusi *training area* yang digunakan pada tiap klasifikasi citra.



Tabel 2. Distribusi Training Area Klasifikasi Citra Tahun 2015

No.	Kelas	Jumlah <i>Training Area</i>	Luas (km ²)	Persentase (%)
1.	Permukiman	11	0.009	7.14
2.	Tegalan	15	0.013	10.51
3.	Sawah	24	0.020	16.28
4.	Badan Air	15	0.011	8.74
5.	Hutan	15	0.013	10.43
6.	Kebun	23	0.017	13.23
7.	Lahan Kering	25	0.021	17.08
8.	Tambak	15	0.013	10.02
9.	Pasir	7	0.006	4.49
10.	Awan	3	0.003	2.09
	Total	153	0.12	100

Tabel 3. Distribusi Training Area Klasifikasi Citra Tahun 2019

No.	Kelas	Jumlah <i>Training Area</i>	Luas (km ²)	Persentase (%)
1.	Permukiman	12	1.04	25.81
2.	Tegalan	8	0.70	17.42
3.	Sawah	5	1.28	31.61
4.	Badan Air	3	0.03	0.65
5.	Hutan	7	0.05	1.29
6.	Kebun	6	0.03	0.65
7.	Lahan Kering	13	0.70	17.42
8.	Tambak	4	0.05	1.29
9.	Pasir	6	0.05	1.29
10.	Awan	8	0.10	2.58
	Total	72	4.04	100

Proses klasifikasi dilakukan menggunakan algoritma Maximum Likelihood (MLC). MLC merupakan salah satu algoritma yang paling umum digunakan untuk klasifikasi terbimbing[15]–[17]. Perhitungan klasifikasi *Maximum likelihood* dilakukan menggunakan persamaan berikut[18].

$$D = \ln(a_c) - [0,5 \ln(|Cov_c|) - [0,5(X - M_c)^T (Cov_c^{-1})(X - M_c)]] \quad (1)$$

Dimana, D = jarak dengan *likelihood* ; C = indeks kelas ; X = nilai piksel dari calon kelas ; M_c = nilai sampel kelas ; a_c = persentase peluang piksel untuk menjadi anggota kelas c, asumsi nilai 1,0 ; Cov_c = matriks kovarian piksel pada sampel kelas c ; $|Cov_c|$ = determinan = matriks kebalikan dari Cov_c .

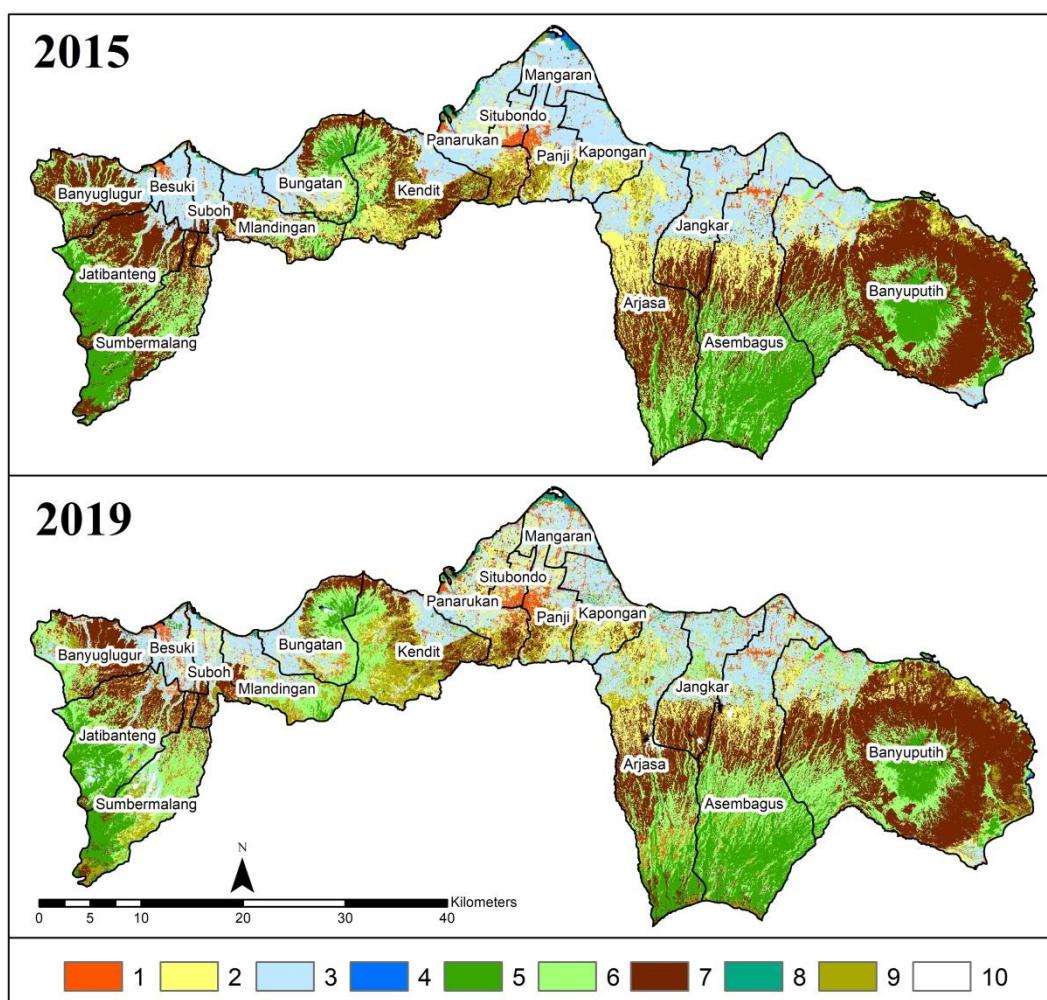
Klasifikasi ini dilakukan pada *software* MultiSpec (© Purdue Research Foundation), yang merupakan *open-source software* untuk pengolahan data citra multispektral dari satelit pengamatan bumi seperti Landsat *series* maupun Sentinel[19]. *Software* ini menyediakan fungsi lengkap untuk pengolahan citra mulai dari pembuatan *training area* hingga pengujian akurasi dan pengukuran luasan hasil klasifikasi.

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Perubahan Tutupan Lahan Secara Keseluruhan

Gambar 3 dan Tabel 4 berikut merupakan hasil klasifikasi secara umum yang diperoleh dari tiap periode citra. Klasifikasi menghasilkan akurasi Kappa dan *overall* yang cukup baik, yaitu 91.09% dan 92.7% untuk citra tahun 2015. Sedangkan untuk citra tahun 2019 memberikan hasil akurasi masing-masing 93.13% dan 94.3%.

Berdasarkan hasil klasifikasi citra satelit Sentinel-2 tahun 2015 dan 2019, terdapat beberapa perbedaan luas dari masing-masing kelas tutupan lahan di wilayah Kabupaten Situbondo. Kelas permukiman/lahan terbangun, kebun, tambak, dan pasir/tanah kosong mengalami peningkatan. Luas tutupan lahan yang mengalami penurunan yaitu tegalan/ladang, sawah, hutan, dan lahan kering.



Gambar 3. Perubahan Tutupan Lahan Dari Tahun 2015 ke 2019

Ket.: (1) pemukiman/lahan terbangun, (2) tegalan/ladang, (3) sawah, (4) badan air, (5) hutan, (6) kebun, (7) lahan kering, (8) tambak, (9) pasir/tanah kosong, (10) awan

Tabel 4. Perubahan Luasan Tutupan Lahan Penelitian

Kelas	Sentinel 2-2015		Sentinel 2-2019	
	Luas (km ²)	Persentase (%)	Luas (km ²)	Persentase (%)
1	40.74	2.47	88.38	5.35
2	186.13	11.27	175.37	10.62
3	376.52	22.80	311.40	18.86
4	4.83	0.29	4.83	0.29
5	203.39	12.32	178.15	10.79
6	264.84	16.04	349.23	21.15
7	505.21	30.59	413.94	25.07
8	9.02	0.55	10.53	0.64
9	55.57	3.37	108.38	6.56
10	5.10	0.31	11.12	0.67
Total	1651.35	100	1651.35	100

Pada tahun 2015 kebun yang diperoleh sebesar 264.84 km² sedangkan pada tahun 2019 sebesar 349.23 km². Perbedaan luas kebun tersebut disebabkan oleh kondisi lahan Situbondo pada tahun 2015 cenderung lebih kering jika dibandingkan dengan tahun 2019 berdasarkan citra satelit Sentinel-2 yang diperoleh. Hal ini juga ditunjukkan oleh luasan lahan kering yang telah terklasifikasikan. Pada tahun 2015

lahan kering yang dihasilkan yaitu 505.21 km^2 sedangkan pada tahun 2019 sebesar 413.94 km^2 . Jika melihat data curah hujan selama satu tahun, untuk jumlah curah hujan pada tahun 2015 lebih kecil dibandingkan pada tahun 2019. Data curah hujan tersebut [8], [20] dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

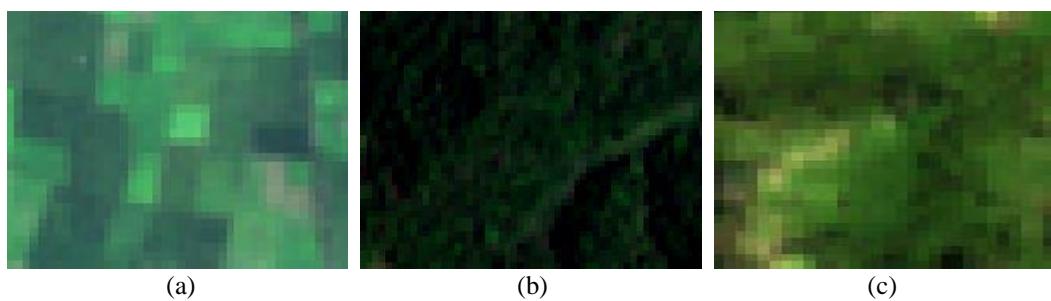
Tabel 5. Perubahan luasan tutupan lahan penelitian

Bulan	Curah Hujan (mm)	
	Tahun 2015	Tahun 2019
Januari	134	220
Februari	77	198
Maret	137	97
April	127	108
Mei	19	97
Juni	-	2
Juli	-	8
Agustus	-	30
September	-	2
Oktober	-	24
November	6	97
Desember	64	288

Selain itu, perbedaan luas kebun yang diperoleh juga disebabkan oleh kawasan yang semula hutan pada berubah menjadi kelas kebun. Hal ini dapat terlihat pada peta tutupan lahan (Gambar 3) yang telah dihasilkan bahwa kawasan hutan pada tahun 2015 cenderung berubah menjadi kebun pada tahun 2019.

Luas sawah yang dihasilkan berdasarkan citra tahun 2015 yaitu 376.52 km^2 dan pada tahun 2019 yaitu 311.40 km^2 . Luas tersebut berbeda dengan data yang didapatkan pada Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan Kabupaten Situbondo. Luas lahan sawah produktif di Kabupaten Situbondo pada tahun 2020 tercatat sebanyak 337.98 km^2 yang terdiri dari sawah berpengairan teknis seluas 327.07 km^2 dan sawah non irigasi seluas 10.91 km^2 [21]. Artinya terdapat beberapa kesalahan dalam mengklasifikasikan luasan sawah baik pada citra satelit Sentinel-2 tahun 2015 maupun 2019. Pembuatan *training area* yang kurang tepat dapat mempengaruhi hasil klasifikasi tutupan lahan.

Pada umumnya pembuatan *training area* ini dikelompokkan berdasarkan warna piksel. Berdasarkan citra satelit Sentinel-2, badan air diwakili dengan warna biru. Warna ini juga memungkinkan untuk mewakili sawah baru tanam karena sawah baru tanam biasanya memiliki banyak air. Vegetasi diwakili dengan warna hijau terang sampai gelap. Derajat kecerahan warna hijau ini biasanya mewakili kerapatan vegetasinya. Hutan dengan kerapatan tinggi akan tampak dengan hijau gelap jika dibandingkan dengan hutan berkerapatan rendah atau hutan campuran atau kebun[4]. Gambar 4 merupakan contoh reflektan objek sawah, hutan, dan kebun dengan kombinasi band 2, 3, 4, 5, dan 8A berdasarkan citra satelit Sentinel-2.



Gambar 4. Objek Tutupan Lahan Vegetasi Dari Citra, (a) Sawah; (b) Hutan; (c) Kebun

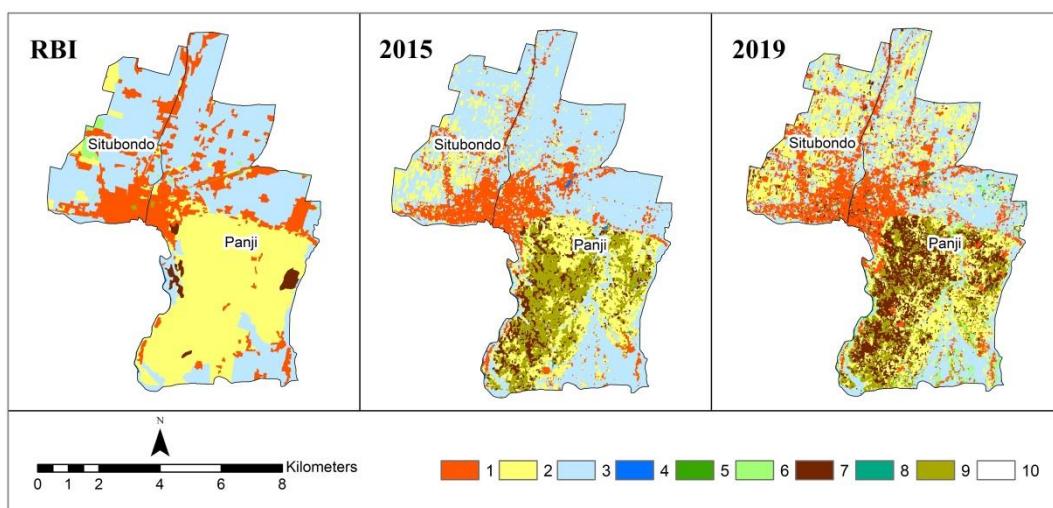
Klasifikasi berbasis piksel merupakan teknik klasifikasi citra yang dilakukan dengan mengambil informasi spektral citra dimana tiap piksel penyusun citra dikuantifikasi menjadi *digital number* (DN)[2]. Untuk klasifikasi terbimbing (*supervised*) pengelompokan piksel-piksel tersebut didapatkan melalui *training area*. Metode klasifikasi berbasis piksel dengan menggunakan teknik klasifikasi multi-spektral, menetapkan piksel ke kelas secara mendasar sesuai dengan kesamaan spektral. Dengan demikian, karakteristik piksel yang hampir sama antara sawah, hutan, dan kebun memungkinkan untuk terjadinya

kesalahan klasifikasi pada masing-masing kelas tersebut[22]. Dalam implementasinya, klasifikasi *supervised* dengan algoritma *maximum likelihood* bisa berpotensi salah dalam klasifikasi ke suatu kelas tutupan lahan. Misal dalam klasifikasi terdapat kelas sawah yang diambil dalam *training area*, piksel sawah tidak akan salah menjadi kelas sawah, tetapi karena kemiripan ke kelas sawah lebih besar dibanding ke kelas lain maka terdapat kemungkinan piksel bukan kelas sawah akan menjadi kelas sawah[23]. Hal inilah yang menyebabkan luasan sawah yang diperoleh berdasarkan citra satelit Sentinel-2 berbeda dengan data luas sawah yang tercatat pada Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan Kabupaten Situbondo.

Luasan untuk kelas lahan terbangun (permukiman, kawasan industri dan perkotaan, serta infrastruktur jalan) pada tahun 2015 diperoleh sebesar 40.74 km², sedangkan pada tahun 2019 sebesar 88.38 km². Perubahan tersebut disebabkan oleh pertambahan jumlah penduduk yang setiap tahunnya membutuhkan tempat untuk bermukim. Berdasarkan data BPS Kabupaten Situbondo, dalam periode 2015–2019 telah terjadi pertambahan jumlah penduduk sebesar 13265 jiwa dari yang semula 669.713 jiwa pada tahun 2015, sehingga pada tahun 2019 jumlah penduduk sebesar 682978 jiwa [24]. Pertambahan jumlah penduduk menjadi faktor utama terjadinya perubahan tutupan lahan. Pada prinsipnya lahan tidak dapat bertambah sedangkan kebutuhan lahan terus meningkat setiap tahunnya. Hal ini menyebabkan terjadinya alih fungsi lahan pada beberapa lahan yang cenderung kurang produktif diubah menjadi lahan yang lebih menguntungkan. Seseorang melakukan perubahan penggunaan lahan dengan maksud untuk memaksimalkan sumberdaya lahan tersebut sehingga diharapkan akan memperoleh keuntungan yang maksimal pula, misalnya lahan pertanian dan vegetasi menjadi lahan terbangun (permukiman, pusat perekonomian, industri, dan sebagainya)[7].

3.2 Perubahan Tutupan Lahan Pada *Subset Area*

Subset area dapat diartikan sebagai potongan peta pada suatu wilayah untuk mengetahui secara detail perubahan tutupan lahan yang terjadi. Pada penelitian ini *subset area* yang dipilih yaitu Kecamatan Situbondo dan Panji. Peta RBI pada *subset* ini digunakan sebagai acuan terhadap hasil klasifikasi citra satelit Sentinel-2 agar peta yang dihasilkan tidak terlalu menyimpang. Peta RBI diperoleh dari laman BIG dalam format gambar (JPG). Kemudian dilakukan digitasi manual dengan menyesuaikan batas wilayah pada *subset area* ini. Hasilnya berupa peta tutupan lahan Kecamatan Panji dan Situbondo versi RBI tahun 2000, sebagai data kontrol. *Subset area* tutupan lahan di wilayah Kecamatan Situbondo dan Panji ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan Pada *Subset Area*

Terdapat beberapa perbedaan luasan tutupan lahan dari masing-masing kelas pada peta RBI-2000, Sentinel-2 2015 dan 2019 seperti permukiman/lahan terbangun, sawah, dan tegalan/ladang. Luas kelas permukiman/lahan terbangun pada tahun 2015 seluas 8.34 km² sedangkan pada tahun 2019 seluas 11.37 km². Peningkatan luas tersebut disebabkan oleh beberapa lahan yang semula sawah pada tahun 2015 berubah menjadi kelas permukiman/lahan terbangun pada tahun 2019. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5 dimana untuk lokasi Kecamatan Situbondo dan Panji bagian tengah terklasifikasikan menjadi kelas permukiman/lahan terbangun pada citra 2019.

Tabel 6. Perubahan Luasan Tutupan Lahan Pada *Subset Area*

Kelas	RBI-2000		Sentinel 2-2015		Sentinel 2-2019	
	Luas (km ²)	Persentase (%)	Luas (km ²)	Persentase (%)	Luas (km ²)	Persentase (%)
1	11.04	18.08	8.34	13.66	11.37	18.62
2	21.30	34.88	11.94	19.56	16.50	27.01
3	27.11	44.39	29.39	48.13	18.79	30.77
4	0.13	0.21	0.27	0.44	0.09	0.14
5	0.00	0.00	0.02	0.03	0.04	0.06
6	0.64	1.05	0.09	0.15	1.47	2.41
7	0.74	1.21	2.94	4.82	7.05	11.54
8	0.00	0.00	0.05	0.08	0.24	0.40
9	0.11	0.18	7.61	12.46	5.22	8.55
10	0.00	0.00	0.41	0.67	0.30	0.49
Total	61.07	100,00	61.07	100,00	61.07	100,00

Peningkatan permukiman/lahan terbangun disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya urbanisasi atau migrasi, mata pencaharian penduduk setempat, fasilitas pendukung, kebijakan pemerintah, peningkatan kebutuhan ekonomi dan pertambahan jumlah penduduk yang identik dengan meningkatnya kebutuhan tempat tinggal. Pusat pemerintahan Kabupaten Situbondo berada di subset area ini, tepatnya berada di Kecamatan Situbondo. Hal ini dapat memicu berubahnya tutupan lahan menjadi lahan terbangun untuk mendukung infrastruktur kesehatan, pendidikan, akses jalan, dan pusat perekonomian.

Kecamatan Panji yang berada pada *subset* ini juga menunjukkan beberapa lahan yang berubah menjadi permukiman. Salah satu faktor yang mempengaruhinya yaitu peningkatan jumlah penduduk yang sangat pesat sehingga kebutuhan lahan untuk bermukim juga sangat meningkat. Tercatat laju pertumbuhan penduduk di Kecamatan Panji pada tahun 2010–2015 mencapai 4.99% tertinggi ketiga diantara 17 kecamatan lainnya dengan kepadatan penduduk 2013.28/km²[8]. Pada puncaknya di tahun 2019, Kecamatan Panji merupakan kecamatan dengan penduduk terbanyak pertama yaitu 67771 jiwa dengan kepadatan penduduk 1898/km²[24].

Luas kelas permukiman/lahan terbangun yang dihasilkan dari peta RBI-2000 sedikit berbeda dari hasil klasifikasi citra satelit Sentinel-2. Jika pada tahun 2000 berdasarkan peta RBI luas permukiman/lahan terbangun tercatat 11.04 km², seharusnya pada tahun 2015 luas yang diperoleh lebih besar dari 11.04 km². Pada kenyataannya luas yang didapatkan berdasarkan citra satelit Sentinel-2 tahun 2015 yaitu 8.34 km² dan pada tahun 2019 hanya tercatat 11.37 km². Jika dilihat secara detail pada Gambar 5, untuk kelas permukiman/lahan terbangun baik pada Sentinel-2 2015 maupun 2019 tidak terkласifikasikan secara tepat. Misalnya pada wilayah Kecamatan Situbondo bagian Utara, masih terdapat beberapa tutupan lahan yang tidak terkласifikasikan menjadi kelas permukiman/lahan terbangun secara utuh.

Terdapat beberapa wilayah pada peta RBI-2000 yang terkласifikasikan kelas permukiman/lahan terbangun dalam cakupan yang luas namun pada Sentinel-2 2015 dan 2019 hanya berupa potongan-potongan piksel. Hal ini menjadi salah satu kelemahan dari analisis klasifikasi berbasis piksel. Permasalahan yang ada pada klasifikasi berbasis piksel yaitu pengklasifikasi tradisional per-piksel dapat menyebabkan efek *salt and paper* pada peta klasifikasi terutama ketika banyak terjadi bercampurnya piksel pada citra[2].

Kelas tegalan/ladang berdasarkan hasil klasifikasi citra satelit Sentinel-2 tahun 2015 seluas 11.94 km² sedangkan tahun 2019 seluas 16.50 km². Berdasarkan peta tutupan lahan yang telah dihasilkan pada Gambar 5 terdapat beberapa lahan sawah yang berubah menjadi tegalan. Hal ini disebabkan oleh waktu pengambilan citra satelit Sentinel-2 yang berbeda antara tahun 2015 dengan tahun 2019. Untuk Sentinel-2 2015 data yang diambil pada bulan Oktober sedangkan pada Sentinel-2 2019 pada bulan November.

Jika melihat Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu yang disusun oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian RI, tidak terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara waktu tanam padi atau palawija. Kalender tanam tanaman padi dan Palawija di Kecamatan Situbondo dan Panji ditunjukkan pada Tabel 6[25].

Dapat dimungkinkan pada saat 24 Oktober 2015 objek permukaan bumi yang direkam oleh sensor citra satelit Sentinel-2 untuk lahan sawah berupa tanam padi sedangkan pada saat 17 November 2019 untuk beberapa lahan sawah berupa tanam palawija, sehingga hasil klasifikasinya yang semula padi (sawah) pada

Sentinel 2015 terklasifikasikan menjadi palawija (tegalan/ladang) pada Sentinel 2019. Hal inilah yang menyebabkan beberapa lahan sawah terklasifikasikan menjadi kelas tegalan/ladang. Jika memperhatikan peta RBI-2000, untuk kelas tegalan/ladang seluas 21.30 km^2 . Luas tersebut berbeda dengan hasil klasifikasi citra satelit Sentinel-2.

Tabel 7. Kalender Tanam Tanaman Padi

No	Kecamatan	Potensi Tanam Padi			
		MH (Okt 2020-Mar 2021)		MK (Apr-Sep 2021)	
		MH I : MT1	MH II : -	MK I : MT2	MK II : MT3
1	Situbondo	Nov III-Des I	Bera	Mar III-Apr I	Bera
2	Panji	Des II-III	Bera	Mar III-Apr I	Bera

Tabel 8. Kalender Tanam Tanaman Palawija

No	Kecamatan	Potensi Tanam Palawija			
		MH (Okt 2020-Mar 2021)		MK (Apr-Sep 2021)	
		MH I : MT1	MH II : -	MK I : MT2	MK II : MT3
1	Situbondo	Sesuai Padi	Bera	Mar III-Apr I	Bera
2	Panji	Sesuai Padi	Bera	Mar III-Apr I	Bera

Perbedaan ini disebabkan oleh beberapa kelas tegalan/ladang telah terklasifikasikan menjadi lahan kering, pasir, dan beberapa menjadi kelas sawah pada Sentinel-2. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 5 tepatnya berada di wilayah Kecamatan Panji bagian Tengah dan Selatan. Pada peta RBI-2000 untuk wilayah tersebut didominasi oleh tegalan/ladang sedangkan pada citra satelit Sentinel-2 baik 2015 maupun 2019 telah berubah menjadi kelas tutupan lahan lainnya. Hal ini menjadi salah satu keunggulan dari penggunaan citra satelit Sentinel-2 yang memiliki ketelitian spektral tinggi. Dengan mengkombinasikan beberapa *band* terutama *band* 2, 3, 4, 5, dan 8A untuk penelitian ini dapat menginterpretasikan tutupan lahan berupa vegetasi dan sedimen secara baik.

Luas kelas sawah berdasarkan citra satelit Sentinel-2 pada tahun 2015 menghasilkan $29,39 \text{ km}^2$ sedangkan pada tahun 2019 sebesar $18,79 \text{ km}^2$. Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa pada hasil klasifikasi citra satelit Sentinel-2 tahun 2019 terdapat beberapa lahan sawah yang terklasifikasikan menjadi kelas permukiman/lahan terbangun dan tegalan/ladang sehingga ketika diakumulasikan luas sawah pada tahun 2019 lebih sedikit. Jika dibandingkan dengan peta RBI tahun 2000 luas sawah yang diperoleh yaitu $27,11 \text{ km}^2$. Kemudian untuk data kontrol yang lain pada luasan sawah yang tercatat oleh Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan Kabupaten Situbondo ditunjukkan pada Tabel 9 berikut[21].

Tabel 9. Luas Lahan Pertanian Produktif (km^2)

Kecamatan	Irigasi	Non Irigasi	Jumlah
Situbondo	7.36	0.52	7.88
Panji	13.96	0.86	14.83
Jumlah	21.32	1.38	22.71

Berdasarkan Tabel 9 dapat diketahui bahwa jumlah luas lahan pertanian produktif untuk Kecamatan Situbondo dan Panji pada tahun 2020 sebesar 22.71 km^2 . Luas tersebut jauh lebih besar jika dibandingkan dengan hasil klasifikasi citra satelit Sentinel-2 2019 yang tercatat hanya 18.79 km^2 . Untuk klasifikasi citra satelit Sentinel-2 2019 masih terdapat beberapa kelas sawah yang tidak terklasifikasikan dengan baik, sehingga mempengaruhi perhitungan luas sawah yang diperoleh. Keberhasilan klasifikasi citra tergantung pada banyak faktor diantaranya ketersediaan citra penginderaan jauh berkualitas tinggi dan data tambahan, desain prosedur klasifikasi yang tepat, dan keterampilan serta pengalaman analis[26].

Berkaitan dengan ketersediaan citra satelit Sentinel-2 yang gratis, disisi lain citra satelit ini juga memiliki kekurangan yaitu resolusi spasial menengah. Resolusi spasial menengah dapat menyebabkan masalah piksel campuran sehingga mempengaruhi terhadap luas hasil klasifikasi yang diperoleh. Keuntungan utama dari citra resolusi spasial yang tinggi yaitu dapat mengurangi masalah piksel campuran, memberikan potensi yang lebih besar untuk menginterpretasi informasi yang jauh lebih detail, namun citra resolusi spasial yang tinggi jauh lebih mahal dan membutuhkan lebih banyak waktu untuk

mengimplementasikan analisis data daripada citra resolusi spasial menengah[26]. Disisi lain terdapat salah satu cara yang paling sederhana untuk memetakan tutupan lahan yaitu dengan cara digitasi manual. Namun, digitasi manual tidak disarankan untuk wilayah yang luas, karena beresiko pada banyaknya kesalahan digitasi yang mungkin dilakukan, disamping proses lebih lama, hasil kurang teliti dan biaya mahal[27].

Oleh karena itu, dalam penelitian ini penggunaan citra satelit Sentinel-2 dapat menjadi salah satu alternatif untuk memetakan tutupan lahan dengan cakupan wilayah yang luas seperti Kabupaten Situbondo dengan waktu dan biaya yang relatif sedikit. Terlepas dari beberapa hasil klasifikasi yang kurang tepat, citra satelit Sentinel-2 unggul pada resolusi spektral dan temporal. Dalam klasifikasi citra tidak terlepas dari pola spektral, spasial, dan temporal. Pola spektral yaitu kombinasi angka digital (DN) untuk jenis fitur yang berbeda, pola spasial mengacu pada hubungan spasial piksel seperti tekstur gambar, kedekatan piksel, ukuran fitur, dan bentuk, pola temporal mengacu pada karakteristik temporal fitur[22]. Dengan tetap memperhatikan data-data kontrol sebagai pembanding dan hasil uji akurasi *Overall* dan *Kappa* yang telah memenuhi syarat maka interpretasi tutupan lahan dengan menggunakan citra satelit Sentinel-2 berdasarkan metode *supervised maximum likelihood* ini relevan untuk digunakan di wilayah Kabupaten Situbondo.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, kesimpulan pada penelitian ini diantaranya sebagai berikut.

1. Klasifikasi supervised dengan algoritma *maximum likelihood* dapat digunakan untuk memetakan tutupan lahan. Hasil klasifikasi citra satelit Sentinel-2 2015 dengan algoritma tersebut menghasilkan akurasi *Overall* dan *Kappa* sebesar 92,70% dan 91,09% sedangkan pada citra satelit Sentinel-2 2019 sebesar 94,30% dan 93,13%.
2. Perubahan tutupan lahan berbasis citra satelit Sentinel-2 tahun 2015–2019 yaitu terdapat empat kelas yang mengalami peningkatan luas antara lain permukiman/lahan terbangun, kebun, tambak, dan pasir/tanah kosong sedangkan luas tutupan lahan yang menurun yaitu tegalan/ladang, sawah, hutan dan lahan kering.

REFERENSI

- [1] S. H. Purwadhi and T. B. Sanjoto, *Pengantar Interpretasi Citra Penginderaan Jauh*. Semarang, 2007.
- [2] Z. U. Maksum, Y. Prasetyo, and H. Hanifah, “Perbandingan Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Metode Klasifikasi Berbasis Objek dan Klasifikasi Berbasis Piksel pada Citra Resolusi Tinggi dan Menengah,” *J. Geod. Undip*, vol. 5, no. 2, pp. 97–107, 2016, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/11526>.
- [3] T. Younus and T. E. Parece, *Advances in Watershed Science and Assessment*. New York, 2015.
- [4] Rizky Mulya Sampurno; Ahmad Thoriq, “Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) di Kabupaten Sumedang (in Bahasa),” *J. Teknotan*, vol. 10, no. 2, pp. 61–70, 2016.
- [5] L. B. Nguyen, “Land cover change detection in northwestern Vietnam using Landsat images and Google Earth Engine,” *J. Water L. Dev.*, no. No 46, pp. 162–169, 2020.
- [6] I. Andriyani, S. Wahyuningsih, and S. Suryaningtias, “Perubahan Tata Guna Lahan di Sub DAS Rembang - Jember dan Dampaknya Terhadap Laju Erosi,” *agriTECH*, vol. 39, no. 2, p. 117, 2019, doi: 10.22146/agritech.42424.
- [7] Suharyadi and S. R. Hardoyo, “Perubahan Penggunaan Lahan dan Faktor yang Mempengaruhinya di Kecamatan Gunungpati Kota Semarang,” vol. 25, no. 1, pp. 25–42, 2011.
- [8] BPS Situbondo, *Kabupaten Situbondo Dalam Angka*. 2016.
- [9] BPS Situbondo, *Kabupaten Situbondo Dalam Angka*. 2020.
- [10] Indarto and A. Faisol, “Identifikasi Dan Klasifikasi Peruntukan Lahan Menggunakan Citra Aster,” *Media Tek. Sipil*, vol. 9, no. 1, p. 8, 2009.
- [11] R. Awaliyan and Y. B. Sulistyoadi, “Klasifikasi Penutupan Lahan Pada Citra Satelit Sentinel-2A dengan Metode Tree Algorithm,” *ULIN J. Hutan Trop.*, vol. 2, no. 2, pp. 98–104, 2018, doi: 10.32522/u-jht.v2i2.1363.
- [12] I. Indarto, M. Mandala, F. Febrian Arifin, and F. Lukman Hakim, “Aplikasi Citra Sentinel-2 Untuk Pemetaan Tutupan Dan Peruntukan Lahan Pada Tingkat Desa,” *J. Geogr.*, vol. 12, no. 02, p. 189, 2020, doi: 10.24114/jg.v12i02.16970.
- [13] S. Firmansyah, J. Gaol, and S. B. Susilo, “Perbandingan Klasifikasi SVM dan Decision Tree untuk Pemetaan Mangrove Berbasis Objek Menggunakan Citra Satelit Sentinel-2B di Gili Sulat, Lombok Timur,” *J. Nat.*

- Resour. Environ. Manag.*, vol. 9, no. 3, pp. 746–757, 2019, doi: 10.29244/jpsl.9.3.746-757.
- [14] Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, *Pedoman Pengolahan Data Satelit Multispektral Secara Digital Supervised Untuk Klasifikasi*. Jakarta: Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, 2015.
- [15] F. L. Hakim, “Interpretasi Citra Satelit Landsat 8 untuk Pemetaan Tutupan Lahan Provinsi Jawa Timur,” 2019.
- [16] I. Indarto and F. L. Hakim, “Tracking Land Use Land Cover changes from 2000 to 2018 in a local area of East Java Province, Indonesia,” *Bull. Geogr. Socio-economic Ser.*, vol. 52, no. 52, pp. 7–24, 2021, doi: 10.2478/bog-2021-0010.
- [17] B. R. Shivakumar and S. V. Rajashekharadhy, “Investigation on land cover mapping capability of maximum likelihood classifier: A case study on North Canara, India,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 143, pp. 579–586, 2018, doi: 10.1016/j.procs.2018.10.434.
- [18] J. F. Irawan and Indarto, “Application of a Multispectral SPOT Image for Land Use Classification in Sampean Watershed,” *J. TANAH Trop. (Journal Trop. Soils)*, vol. 16, no. 2, pp. 175–181, 2011, doi: 10.5400/jts.2011.16.2.175.
- [19] D. Landgrebe and L. Biehl, “MultiSpec (C).” School of Electrical and Computer Engineering Purdue University, 2018, [Online]. Available: <https://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/index.html>.
- [20] BPS Kabupaten Situbondo, *Kabupaten Situbondo dalam Angka 2021*. 2021.
- [21] DTPHP Kabupaten Situbondo, *Profil Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan*. 2020.
- [22] J. Qian, Q. Zhou, and Q. Hou, “Comparison of Pixel-Based and Object-Oriented Classification Methods for Extracting Built-up Areas in Aridzone,” vol. 8, pp. 163–171, 2000.
- [23] D. Kushardono, *Klasifikasi Digital Pada Penginderaan Jauh*, Cetakan 1. Bogor, 2017.
- [24] BPS Kabupaten Situbondo, *Kabupaten Situbondo Dalam Angka*. BPS Kabupaten Situbondo, 2020.
- [25] Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, “Kalender Tanam Terpadu Versi 3.2.” Kementerian Pertanian, 2021, [Online]. Available: <http://katam.litbang.pertanian.go.id/>.
- [26] D. Lu and Q. Weng, “A Survey of Image Classification Methods and Techniques for Improving Classification Performance,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 28, no. 5, pp. 823–870, 2007, doi: 10.1080/01431160600746456.
- [27] I. Indarto, M. Mandala, F. F. Arifin, and F. L. Hakim, “Aplikasi Citra Sentinel-2 Untuk Pemetaan Tutupan Dan Peruntukan Lahan Pada Tingkat Desa,” *J. Geogr.*, vol. 12, no. 02, p. 189, 2020, doi: 10.24114/jg.v12i02.16970.