

PEMETAAN JENIS TANAMAN (*CROP TYPES MAPPING*) DI WILAYAH PANJI DAN KAPONGAN: APLIKASI CITRA SENTINEL-2

(Crops Types Mapping un The Panji and Kapongan Regions: Sentinel-2 Image Application)

Indarto Indarto¹, Fahmi Arif Kurnianto², Dini Retno Widyaningsih³, Dimas Ahmad Naufal³

¹Kelompok Riset (Keris) Teknologi Pertanian untuk Percepatan Implementasi Pertanian Industrial (TP-PIPI),
FTP, Universitas Jember

²Program Studi Pendidikan Geografi, FKIP, Universitas Jember

³Program Studi Teknik Pertanian, FTP, Universitas Jember

Email: indarto.ftp@unej.ac.id

ABSTRAK

Citra penginderaan jauh dapat digunakan untuk memetakan dan mengidentifikasi jenis tanaman di dalam suatu lanskap. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan jenis tanaman selama musim kemarau tahun 2021 di Kecamatan Panji dan Kapongan, Kabupaten Situbondo. Dua citra Sentinel 2 yang diambil pada waktu yang berbeda digunakan untuk memetakan jenis tanaman selama musim kemarau I dan II. Metode klasifikasi terbimbing dan area pelatihan yang memadai digunakan untuk memetakan berbagai jenis tanaman di wilayah tersebut. Prosedur penelitian melibatkan (1) pengumpulan data lapangan dan pengambilan 43 titik GCP; (2) inventarisasi data gambar Sentinel-2; (3) pra-pemrosesan (termasuk penggabungan dan pemotongan); (4) pemrosesan gambar (termasuk penentuan kelas, pembuatan area pelatihan, dan klasifikasi gambar); (5) uji akurasi; dan (6) pembuatan peta tematik. Uji akurasi menghasilkan nilai akurasi keseluruhan dan kappa sebesar 67,85% dan 59,93% (untuk musim kemarau I) dan 71,39% dan 64,58% (untuk musim kemarau II). Secara keseluruhan, citra Sentinel 2 memberikan hasil yang menjanjikan dalam mengklasifikasikan berbagai jenis tanaman di wilayah selama musim kemarau.

Kata kunci— klasifikasi terbimbing; pemetaan; penginderaan jauh; Sentinel-2

ABSTRACT

Remote sensing images can be utilized to map and identify the crop types within a landscape. This research aims to map crop types during the dry season of 2021 in the District of Panji and Kapongan, Situbondo Regency. Two images captured at different times were used to map plant types during dry seasons I and II. Supervised classification methods and adequate training areas were employed to map the various types of plants in the area. The research procedures included (1) collecting field data and retrieving 43 GCP points, (2) inventorying Sentinel-2 image data, (3) preprocessing (which includes compositing and clipping), (4) image processing (including class determination, creation of training areas, and image classification), (5) conducting an accuracy test, and (6) creating thematic maps. The accuracy test yielded overall accuracy and kappa accuracy values of 67.85% and 59.93% (for dry season I) and 71.39% and 64.58% (for dry season II). Overall, Sentinel 2 imagery provides reasonable results for classifying different crop types within a region during a dry season.

Keywords—supervised classification; mapping; remote sensing; Sentinel-2

PENDAHULUAN

Ketersediaan tanaman pangan merupakan isu nasional dewasa ini, utamanya dalam konteks pertumbuhan populasi penduduk, perubahan iklim, dan alih fungsi lahan pertanian (Purwaningsih, 2008). Populasi penduduk Indonesia sendiri berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2022) telah meningkat sebesar 4.4% dalam 4 tahun terakhir, dari 264 juta pada tahun 2018 menjadi 276 juta pada tahun 2022. Dengan penambahan populasi tersebut, kebutuhan akan bahan pangan tentunya juga akan meningkat (Rusdiana & Maesya, 2017). Hal ini membuat kebutuhan akan informasi produksi dan ketersediaan tanaman lokal menjadi sangat dibutuhkan, utamanya untuk membuat keputusan bagi para pemangku kepentingan terkait dan untuk membantu dalam proses pengelolaan pasokan yang ada.

Penginderaan jauh merupakan teknologi yang dapat diterapkan untuk membantu menyusun data informasi tanaman tersebut melalui pemetaan atau klasifikasi jenis tanaman. Pemetaan jenis tanaman adalah proses untuk mendapatkan informasi mengenai jenis tanaman yang tumbuh di daerah pada selang waktu tertentu (*Natural Resources Canada*, 2015). Teknologi penginderaan jauh sudah memasuki kemajuan yang signifikan pada masa sekarang. *Crop Types Mapping* misalnya, digunakan untuk mengetahui jenis tanaman yang ditanam pada suatu musim (Pádua et al., 2017). Penelitian Kurniantoro dkk, (2023) menunjukkan bahwa pemetaan jenis tanaman jagung dapat dilakukan dengan digitasi manual menggunakan drone. Drone yang dihubungkan dengan satelit dapat mengetahui luas dan area lahan dimiliki petani sebagai data pemetaan lahan, mengetahui unsur hara dalam tanah, serta mengetahui jenis-jenis hama dan penggunaan pestisida.

Selain berbagai satelit pada penelitian tersebut, opsi lain yang dapat dimanfaatkan oleh para peneliti adalah menggunakan citra satelit Sentinel 2. Sentinel 2 sendiri memiliki cakupan yang luas dan resolusi tinggi dengan 13 *band* spektral sehingga cukup mendukung untuk melakukan klasifikasi jenis tanaman (Ramanda, 2018). Sentinel 2 berdasarkan beberapa penelitian terkait menunjukkan performa yang baik dalam pemetaan jenis tanaman. Tran dkk, (2022) memanfaatkan keunggulan resolusi 10 meter dan NDVI citra Sentinel 2 untuk memetakan jenis tanaman di South Dakota dan California menggunakan algoritma *random forest*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa citra terklasifikasi memberikan efek *salt and pepper* (bintik gambar) yang lebih sedikit dengan akurasi *overall* yang cukup baik, yaitu 94 dan 83%. Penelitian yang telah dilakukan oleh Teluguntla dkk (2018) memberikan contoh penerapan citra sentinel 2 untuk memetakan jenis tanaman dengan menggunakan beberapa algoritma *Random Forest*, *NDVI* dan *SAVI*. Algoritma *Random Forest* (RF) dapat digunakan sebagai pendekatan baru untuk memetakan tutupan lahan melalui *Google Earth Engine* (Teluguntla et al., 2018).

Pemetaan jenis tanaman menggunakan citra sentinel 2 menunjukkan bahwa kesalahan klasifikasi akibat perubahan varietas tanaman pada selang waktu tertentu dapat diminimalisir karena sentinel 2 memiliki resolusi temporal yang terbaharui dalam waktu 5-10 hari dan resolusi spasial sebesar 10 m (Zhao et al., 2021). Penelitian Andiko dkk (2019) menunjukkan bahwa penggunaan beberapa citra satelit yaitu citra satelit SPOT 7, Landsat 8, dan Sentinel 2 untuk klasifikasi tutupan lahan dengan beberapa kelas vegetasi menunjukkan bahwa citra yang paling efektif dan efisien adalah citra Sentinel 2. Citra tersebut memiliki tingkat efektivitas dan efisiensi yang sangat baik yang ditinjau dari segi biaya, akurasi, proses pengolahan, dan resolusi yang dimiliki.

Dalam memetakan jenis tanaman, peneliti biasanya menggunakan berbagai indeks vegetasi yang diturunkan dari citra optik yang ada untuk meningkatkan keakuratan peta yang dihasilkan (Akbari et al., 2020; Moumni & Lahrouni, 2021). Beberapa penelitian juga menyebutkan bahwa kombinasi dari *Random Forest*, *NDVI* dan *SAVI* memberikan performa keakuratan klasifikasi yang menjanjikan (Gumma et al., 2020; Palchowdhuri et al., 2018). Namun, saat ini masih belum banyak ditemukan studi yang mengklasifikasikan jenis tanaman pada wilayah pesisir dengan kondisi lahan tanaman yang ada berskala kecil dan terfragmentasi (Xie & Niculescu, 2022).

Pada penelitian ini, wilayah Panji dan Kapongan, Situbondo dijadikan sebagai wilayah studi kasus untuk aplikasi citra Sentinel 2 untuk pemetaan tanaman. Dua periode musim kemarau digunakan sebagai dasar seleksi citra yang digunakan, yaitu periode Juli - Agustus dan September - Oktober. Musim kemarau dipilih sebagai waktu akuisisi untuk mengurangi tutupan awan yang ada pada wilayah kajian sehingga diperoleh citra yang bersih. Peneliti juga memanfaatkan *platform* Google Earth Engine (GEE) untuk melakukan koleksi citra. GEE sendiri merupakan platform berbasis *cloud* yang dapat mendukung para peneliti yang kurang akan sumber daya komputasi untuk mengakses dan memproses *multi-petabyte* citra satelit yang tersedia pada katalognya (Gorelick et al., 2017). Kombinasi *NDVI* dan *SAVI* digunakan sebagai masukan dengan pengklasifikasi *Random Forest* untuk menghasilkan peta jenis tanaman yang ada.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengevaluasi petak klasifikasi jenis tanaman pada musim kemarau 1 dan musim kemarau 2 menggunakan metode klasifikasi terbimbing dengan algoritma *random forest*, (2) menentukan hasil uji akurasi jenis tanaman pada musim kemarau 1 dan musim kemarau 2 untuk memperoleh perhitungan nilai *overall* dan *kappa* berdasarkan matriks kesalahan (*confusion matrix*).

METODOLOGI PENELITIAN

A. Wilayah Penelitian

Wilayah penelitian meliputi Kecamatan Panji dan Kapongan Kabupaten Situbondo Provinsi Jawa Timur yang secara geografis terletak pada $113^{\circ} 30' - 114^{\circ} 42'$ Bujur Timur dan $7^{\circ} 35' - 7^{\circ} 44'$ Lintang Selatan. Kecamatan Panji dan Kapongan memiliki luas dengan total 1.638,50 Km². Wilayah penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Wilayah Penelitian yang meliputi Kecamatan Panji dan Kapongan

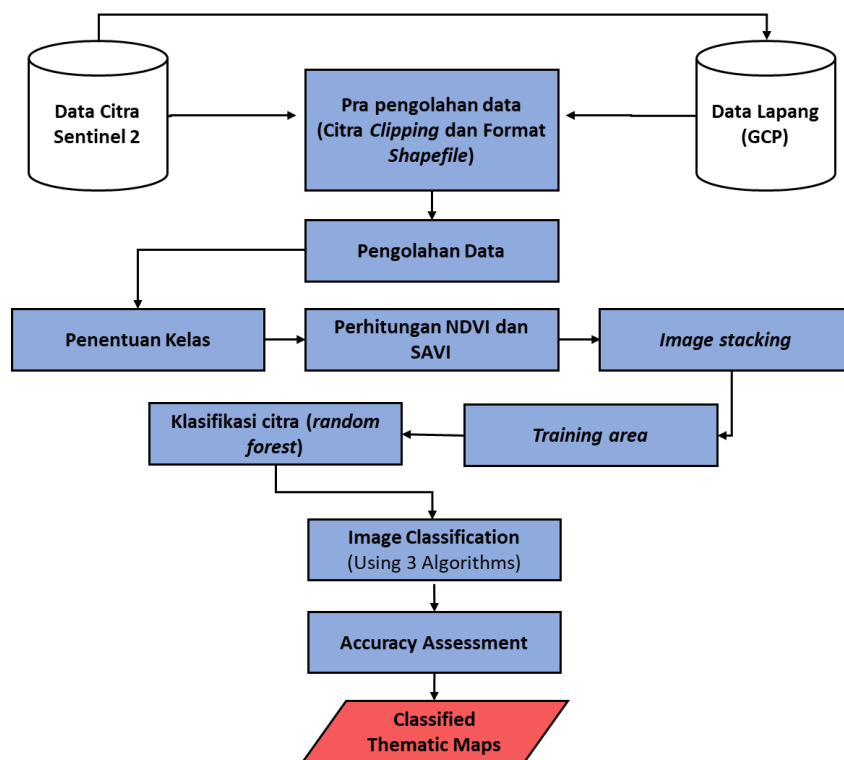
B. Input Data

Input data pada penelitian ini terdiri dari data *training area* melalui pengukuran lapangan dan citra satelit Sentinel 2 yang diunduh melalui platform *Google Earth Engine* (GEE). Citra yang diunduh adalah citra pada musim kemarau 1 perekaman 01 Juli – 31 Agustus 2021 dan musim kemarau 2 perekaman 01 September – 31 Oktober 2021. Penentuan bulan ini didasarkan pada analisis data hujan yang diperoleh dari UPT Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Sampelan Setail periode 1986 - 2013. Dari data hujan selama periode tersebut, menunjukkan bahwa periode bulan terkering pada wilayah kajian terjadi pada bulan Juli – Oktober.

Training area atau area contoh digunakan untuk mendapatkan penciri kelas. Sekelompok *training area* mewakili satu kelas tutupan lahan, misalnya hutan, sawah, badan air, dan kawasan terbangun (Sampurno & Thoriq, 2016) Data *training area* merupakan data lapang yang mewakili keadaan yang sebenarnya di wilayah penelitian. Penelitian ini menggunakan 43 titik *training area*. Pengambilan data training dilakukan dengan digitasi manual menggunakan GPS untuk mengetahui koordinat titik sample.

C. Metode Penelitian

Metode yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pra pengolahan data, klasifikasi dan pasca klasifikasi. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. FlowChart Penelitian

1. Pra Pengolahan Data

Pra pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi proses *clipping* dan format *shapefile*. *Clipping* merupakan proses pemotongan citra agar diperoleh area yang diinginkan (Widyaningsih, 2015). *Clipping* citra dilakukan untuk memotong wilayah penelitian dengan batas administrasi wilayah penelitian ini yaitu Kecamatan Panji dan Kapongan. Reformat data dilakukan dengan cara mengubah data training dari kml/kmz menjadi *shapefile*.

Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data pada penelitian ini terdiri dari pembuatan citra indeks vegetasi, *image stacking*, dan klasifikasi citra. Indeks vegetasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI).

$$\text{NDVI} \quad \text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red}} \quad (1.1)$$

$$\text{SAVI} \quad \text{SAVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{Red})}{(\text{NIR} + \text{Red} + \text{L})} (1 + \text{L}) \quad (1.2)$$

Citra sentinel-2 yang telah diolah menjadi citra indeks vegetasi, kemudian dilakukan *image stacking*. *Image stacking* merupakan proses penggabungan beberapa citra untuk mendapatkan satu citra komposit. Citra hasil *image stacking* kemudian diklasifikasi menggunakan algoritma *Random Forest* (RF). Metode *image stacking* memanfaatkan kumpulan gambar untuk memperoleh tampilan visualisasi. Penggunaan metode *image stacking* memungkinkan untuk visualisasi interaktif, dimana pengunjung *website* dapat memilih untuk melihat gambar dari arah atau navigasi yang diinginkan. Yang dimaksud dengan *image stacking* adalah dimana sebuah gambar dapat terhubung dengan lebih dari satu gambar (Sjarif et al., 2014).

2. Uji Akurasi

Uji akurasi pada penelitian ini dilakukan menggunakan *software QGIS* yang bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan dari hasil klasifikasi citra. Uji akurasi dilakukan dengan membuat *confusion matrix* untuk mengetahui nilai akurasi *Kappa* dan *Overall*. Pada penelitian ini

menggunakan 395 titik random sampling dengan jarak 100 meter pada antar titik. Hasil *kappa accuracy* dibedakan menjadi beberapa tingkat berdasarkan nilai tingkat kesesuaian (Tabel 2) (*agreement*) (Muhammad et al., 2016). Tabel 3 merupakan matriks kesalahan (*confusion matrix*) untuk mengetahui nilai akurasi *Kappa* dan *Overall*.

Tabel 2. Kategori Tingkat Kesesuaian *Kappa Accuracy*

Nilai Kappa (%)	Agreement
<0	Less than change agreement
1-20	Slight agreement
21-40	Fair agreement
41-60	Moderate agreement
61-80	Substantial agreement
81-99	Almost perfect agreement

Tabel 3. Matriks kesalahan

Data referensi	Diklasifikasikan ke dalam kelas (data kelas di peta)				Jumlah	Producer's Accuracy
	A	B	C	D		
A	X_{ii}				X_{i+}	X_{ii}/X_{i+}
B						
C						
D				X_{ii}		
Total Kolom	X_{i+}					
User's Accuracy	X_{ii}/X_{i+}					

Sumber : (Rizky Mulya Sampurno; Ahmad Thoriq, 2016)

Secara matematis akurasi diatas dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$User's Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\% \quad (2.1)$$

$$Producer's Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100\% \quad (2.2)$$

$$Overall Accuracy = \frac{\sum_i^r X_{ii}}{N} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan:

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

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

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

Secara matematis akurasi *kappa* disajikan sebagai berikut:

$$Kappa (k) = \frac{N \sum_i^r X_{ii} - \sum_i^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_i^r X_{i+} X_{+i}} \times 100\% \quad (2.4)$$

Keterangan :

N = banyaknya piksel dalam contoh

X = nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke-i dan Kolom ke-i

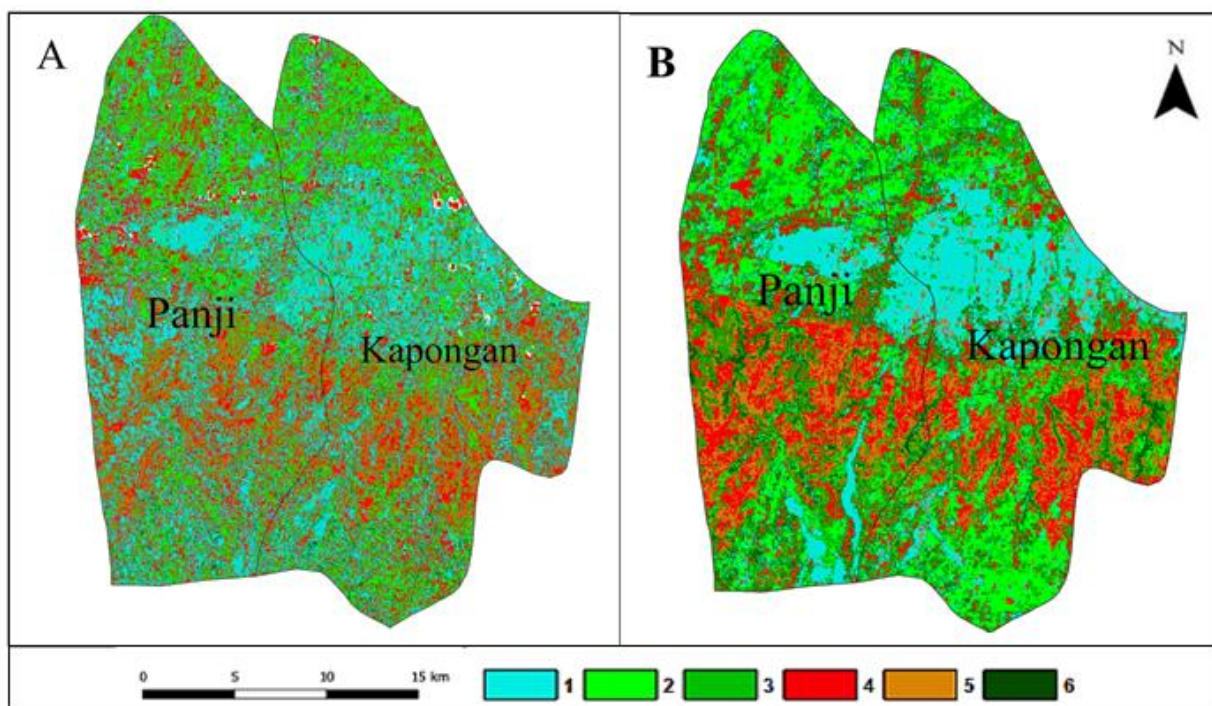
X_{ii} = jumlah piksel dalam baris ke-i

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Klasifikasi

Klasifikasi citra menggunakan algoritma *random forest*, *NDVI* dan *SAVI* menghasilkan dua peta jenis tanaman di Kecamatan Panji dan Kapongan yaitu peta jenis tanaman pada musim kemarau I dan musim kemarau II (Gambar 3). Citra sentinel-2 diklasifikasikan menjadi enam kelas tutupan lahan dimana secara rinci meliputi (1) Padi, (2) Jagung, (3) Tebu, (4) Pemukiman, (5) Lahan Kosong, dan (6) Vegetasi Rapat.



Gambar 3. Perbandingan hasil klasifikasi (A) Musim Kemarau I (B) Musim Kemarau II
 Keterangan: (1) Padi, (2) Jagung, (3) Tebu, (4) Pemukiman, (5) Lahan Kosong, (6) Vegetasi Rapat

Tabel 4. Perbandingan Hasil Klasifikasi Musim Kemarau I dan Musim Kemarau II

Kelas	MK I		MK II	
	Luas (Km ²)	Presentase (%)	Luas (Km ²)	Presentase (%)
Padi	24.21	30.17	14.28	17.79
Jagung	15.46	19.26	18.30	22.80
Tebu	16.63	20.72	23.54	29.34
Pemukiman	9.90	12.34	9.32	11.62
Lahan Kosong	10.56	13.16	11.75	14.64
Vegetasi Rapat	3.49	4.35	3.06	3.81
Total	80.25 Km ²	100 %	80.25 Km ²	100

Perbandingan enam kelas hasil klasifikasi jenis tanaman pada citra perekaman musim kemarau I dan musim kemarau II ditunjukkan pada Tabel 4. Jenis tanaman yang terklasifikasi dibedakan menjadi empat jenis kelas yaitu, padi, jagung, tebu dan vegetasi rapat. Kelas padi menjadi kelas dengan tutupan lahan terluas di Kecamatan Panji dan Kapongan pada musim kemarau I. Kelas padi pada citra musim kemarau I dan musim kemarau II memiliki perbedaan sebesar 12.38%. Pengurangan luasan ini disebabkan karena petani sudah mulai berganti untuk menanam komoditas pada musim kering seperti jagung atau tebu maupun membiarkan lahannya bera (tidak ditanami).

Kelas vegetasi jagung, tebu dan vegetasi rapat menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan antara klasifikasi citra musim kemarau I dan musim kemarau II. Kelas jagung mengalami peningkatan persentase luasan dari 19.26% pada musim kemarau I menjadi 22.80% pada musim kemarau II. Hal ini disebabkan oleh mayoritas masyarakat di Kecamatan Panji dan Kapongan menanam jagung pada musim kemarau II. Faktor lain yang dapat menjadi penyebab perbedaan luasan antara musim kemarau I dan musim kemarau II yaitu karena kesalahan klasifikasi pada saat pengolahan data (Ramanda, 2018).

Selanjutnya, kelas tebu menunjukkan nilai perbedaan yang cukup tinggi antara musim kemarau I dan musim kemarau II. Hal tersebut dapat terjadi karena data lapang yang diambil pada saat musim kemarau I dilakukan sebelum masa tanam tebu. Hal ini dapat dilihat dari luasan lahan dan akurasi yang dihasilkan dari hasil pengolahan klasifikasi dari citra tersebut.

Kelas vegetasi rapat pada musim kemarau I memiliki hasil klasifikasi yang lebih luas dibandingkan dengan musim kemarau II. Hal ini berbanding terbalik dengan keadaan di lapang dimana vegetasi rapat lebih banyak terdapat pada saat musim kemarau II. Adanya penambahan kelas vegetasi rapat pada saat musim kemarau II disebabkan oleh curah hujan yang tinggi di wilayah kajian, sehingga berdampak pada pertumbuhan tanaman yang ditunjukkan oleh kerimbunan daun yang ikut meningkat. Luasan pada setiap kelas masing-masing citra menghasilkan luasan yang berbeda, hal ini dikarenakan perbedaan karakteristik setiap obyek pada masing-masing citra (Ramanda, 2018). Untuk membedakan apakah pada citra termasuk vegetasi atau *non-vegetasi* dapat melalui klorofil tanaman atau warna hijau pada citra (Zhao et al., 2021).

B. Uji Akurasi

Uji Akurasi dilakukan dengan membuat matriks kesalahan (*confusion matrix*) menggunakan 395 titik uji yang diambil secara acak (*stratified random sampling*) pada citra musim kemarau I dan musim kemarau II. Hasil uji akurasi masing-masing kelas ditampilkan pada Tabel 5 dan Tabel 6. Secara umum, hasil klasifikasi citra musim kemarau I dan musim kemarau II pada kelas padi, jagung, tebu dan vegetasi masih terdapat banyak kesalahan. Hal tersebut ditunjukkan dengan titik uji pada suatu kelas terklasifikasikan sebagai kelas lain.

Tabel 5. Matriks Kesalahan Citra Musim Kemarau I

Kelas	Akurasi Pengguna	Akurasi Produser	1	2	3	4	5	6	Total
1	78.15	83.78	93	5	7	2	3	1	111
2	68.42	76.47	8	52	8	0	0	0	68
3	59.76	66.22	3	10	49	8	4	0	74
4	73.47	41.86	7	8	15	36	20	0	86
5	46.15	68.57	3	0	3	3	24	2	35
6	82.35	66.67	5	1	0	0	1	14	21
Total			119	76	82	49	52	17	395

Overall Accuracy (%) : 67.85%

Kappa Accuracy (%) : 59.93 %

Pada citra musim kemarau I, diperoleh nilai *overall* dan Kappa yang relatif rendah. Dari hasil pengujian akurasi yang dilakukan, dapat diketahui bahwa terdapat cukup banyak kesalahan pada kelas pemukiman dan lahan kosong yang ditunjukkan dari rendahnya nilai akurasi pengguna dan produser pada kelas tersebut. Akurasi pengguna sendiri menunjukkan seberapa baik peta dalam memberikan informasi yang sesuai. Nilai ini dihitung dengan membagi jumlah titik terklasifikasi benar pada suatu kelas dengan jumlah titik pada baris matriks kesalahan. Sedangkan akurasi produser mengukur keakuratan klasifikasi terhadap objek yang ada di lapang berdasarkan titik referensi. Nilai ini dihitung dengan membagi titik terklasifikasi benar dengan total titik referensi pada suatu kelas (Campbell, 2008).

Pada kelas pemukiman, meskipun akurasi pengguna diperoleh cukup baik (73.47%), namun akurasi produser yang diperoleh cukup rendah (41.86%). Hal ini menunjukkan bahwa masih banyak titik referensi kelas pemukiman yang terklasifikasi ke kelas lainnya seperti lahan kering (20) dan tebu (15). Kesalahan ini terjadi karena karakteristik spektral antara ketiga kelas tersebut yang relatif mirip dan lokasi area yang sebagian bercampur sehingga pemisahannya cukup sulit (Mandala et al., 2021). Kesalahan tersebut juga terjadi pada kelas lain utamanya pada kelas lahan kering yang ditunjukkan pada rendahnya nilai akurasi produser dan pengguna pada kelas tersebut. Sehingga dengan kesalahan-kesalahan tersebut menyebabkan relatif rendahnya nilai akurasi *overall* dan Kappa yang diperoleh pada citra musim kemarau I dan mencapai tingkat "*Moderate Agreement*" sesuai pada Tabel 2.

Pada citra musim kemarau II, diperoleh nilai *overall* dan Kappa yang lebih tinggi dibanding musim kemarau I. Dari hasil pengujian akurasi yang dilakukan, terjadi permasalahan yang sama pada kelas pemukiman dan lahan kosong. Pada kelas pemukiman, meskipun akurasi pengguna diperoleh cukup baik (63.04%), namun akurasi produser yang diperoleh cukup rendah (35.37%). Hal ini menunjukkan bahwa masih banyak titik referensi kelas pemukiman yang terklasifikasi ke kelas lainnya seperti lahan kering (35) dan tebu (8). Meski kedua kelas tersebut memiliki karakteristik

spektral yang mirip, namun kelas lainnya seperti padi, jagung dan vegetasi rapat memiliki hasil yang lebih baik yang ditunjukkan dari lebih tingginya nilai akurasi pengguna dan produser pada tiap kelas. Sehingga nilai akurasi overall dan Kappa yang diperoleh pada citra musim kemarau II lebih tinggi dibandingkan musim kemarau I dan dapat mencapai tingkat “*Substantial Agreement*” sesuai Tabel 2.

Tabel 6. Matriks Kesalahan Citra Musim Kemarau II

Kelas	Akurasi Pengguna	Akurasi Produser	1	2	3	4	5	6	Total
1	88.57	92.54	62	3	2	0	0	0	67
2	81.11	89.02	0	73	8	1	0	0	82
3	71.55	82.18	0	8	83	8	0	2	101
4	63.04	35.37	4	5	8	29	35	1	82
5	39.66	65.71	3	0	2	7	23	0	35
6	80.00	42.86	1	1	13	1	0	12	28
Total			70	90	116	46	58	15	395

Overall Accuracy (%) : 71.39%

Kappa Accuracy (%) : 64.58 %

Kesalahan klasifikasi yang menyebabkan kurang maksimalnya perhitungan akurasi *overall* dan *kappa* pada peta jenis tanaman karena spektrum warna pada citra terutama kelas vegetasi cenderung berwarna hijau, baik citra musim tanam kemarau maupun musim hujan (Dimitrov dkk, 2019). Hal tersebut juga dapat disebabkan akibat citra pada musim hujan terdapat tutupan awan yang mengakibatkan titik *random sampling* yang terklasifikasikan tidak akurat (Wouthuyzen & Ahmad, 2018). Selain itu misklasifikasi yang terjadi disebabkan oleh titik *random sampling* yang terklasifikasi menjadi kelas lain. Hasil akurasi yang kurang baik dalam penelitian ini bisa disebabkan oleh beberapa kemungkinan diantaranya yaitu dalam interpretasi sampel di citra dengan kondisi sebenarnya di lapangan ada perbedaan (Wulansari 2017).

KESIMPULAN

Hasil pemetaan jenis tanaman menggunakan citra sentinel 2 di Kecamatan Panji dan Kapongan dari data yang diambil pada musim kemarau I dan musim kemarau II tahun 2021 menunjukkan bahwa pada musim kemarau I kelas yang dominan adalah padi. Sedangkan pada musim kemarau II kelas yang dominan adalah tebu. Pada musim kemarau I area padi yang terklasifikasi seluas 24.21 km², dan area tebu yang terklasifikasi pada musim kemarau II seluas 29.34 km². Nilai *kappa accuracy* yang didapatkan pada musim kemarau I sebesar 59.93 %. Sedangkan nilai *kappa accuracy* yang didapatkan pada musim kemarau II sebesar 64.58 %. Secara keseluruhan, citra Sentinel 2 memberikan hasil yang cukup menjanjikan dalam mengklasifikasikan berbagai jenis tanaman di wilayah kajian selama musim kemarau. Beberapa kesalahan klasifikasi yang ada pada penelitian dapat dievaluasi lebih lanjut dengan menambahkan berbagai indeks lain yang ada maupun dengan penggunaan algoritma pengklasifikasi yang lain.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Hibah Internal UNEJ (skim PrGB) untuk periode tahun 2022 – 2023 dengan Nomor SK 4541/UN25.3.2/PM/2023. Ucapan terima kasih disampaikan kepada LP2M Universitas Jember yang telah mendanai penelitian dan semua pihak yang telah membantu kelancaran proses penelitian sampai dengan publikasi.

DAFTAR PUSTAKA

Akbari, E., Bolorani, A. D., Samany, N. N., Hamzeh, S., Soufizadeh, S., & Pignatti, S. (2020). Crop mapping using random forest and particle swarm optimization based on multi-temporal sentinel-2. *Remote Sensing*, 12(9), 1–21. <https://doi.org/10.3390/RS12091449>

- Andiko, J. A., . D., & Darmawan, A. (2019). Efisiensi Penggunaan Citra Multisensor untuk Pemetaan Tutupan Lahan. *Jurnal Sylva Lestari*, 7(3), 342. <https://doi.org/10.23960/jsl37342-349>
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Jumlah Penduduk Menurut Provinsi di Indonesia (Ribu Jiwa), 2020-2022*. <https://sulut.bps.go.id/indicator/12/958/1/jumlah-penduduk-menurut-provinsi-di-indonesia.html>
- Campbell, J. B. (2008). *Introduction to Remote Sensing, 4th ed.* (4th ed.). The Guilford Press.
- Ciptaningtyas, D., & Suhardiyanto, H. (2016). Sifat Thermo-Fisik Arang Sekam. *Jurnal Teknotan*, 10(2), 1–6. <https://doi.org/10.24198/jt.vol10n2.1>
- Dimitrov, P., Dong, Q., Eerens, H., Gikov, A., Filchev, L., Roumenina, E., & Jelev, G. (2019). Sub-pixel crop type classification using PROBA-V 100 m NDVI time series and reference data from Sentinel-2 classifications. *Remote Sensing*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/rs11111370>
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, 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>
- Gumma, M. K., Tummala, K., Dixit, S., Collivignarelli, F., Holecz, F., Kolli, R. N., & Whitbread, A. M. (2020). Crop type identification and spatial mapping using Sentinel-2 satellite data with focus on field-level information. *Geocarto International*, 0(0), 1–17. <https://doi.org/10.1080/10106049.2020.1805029>
- Kurniantoro, A., Uktoro, A. I., & Hermantoro. (2023). *Pemanfaatan Drone Terintegrasi SIG Untuk Pemetaan Tanaman Jagung*. 1(01), 47–60.
- Mandala, M., Indarto, I., Hidayah, E., & Hakim, F. L. (2021). Mapping of Dry Marginal Agricultural Land Occupation and Change Using Landsat-8 and Sentinel-2. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 14(6), 211–219. <https://doi.org/10.25103/jestr.146.24>
- Moumni, A., & Lahrouni, A. (2021). Machine Learning-Based Classification for Crop-Type Mapping Using the Fusion of High-Resolution Satellite Imagery in a Semiarid Area. *Scientifica*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/8810279>
- Muhammad, A. M., Rombanf, J. A., & Saroinsong, F. B. (2016). Tutupan lahan di KPHP Poigar terus menerus mengalami perubahan . Pemetaan dan identifikasi jenis tutupan lahan dengan metode Maximum Likelihood lebih akurat dari metode. *Cocos*, 7(2).
- Nugroho, U. C., Kushardono, D., & Dewi, E. K. (2019). Identifikasi Kawasan Pertambangan Timah Menggunakan Data Satelit Sentinel – 1 dengan Metode Object Based Image Analysis (OBIA). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 140. <https://doi.org/10.14710/jil.17.1.140-148>
- Pádua, L., Adão, T., Hruška, J., Sousa, J. J., Peres, E., Morais, R., & Sousa, A. (2017). Very high resolution aerial data to support multi-temporal precision agriculture information management. *Procedia Computer Science*, 121, 407–414. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.055>
- Palchowdhuri, Y., Valcarce-Diñeiro, R., King, P., & Sanabria-Soto, M. (2018). Classification of multi-temporal spectral indices for crop type mapping: A case study in Coalville, UK. *Journal of Agricultural Science*, 156(1), 24–36. <https://doi.org/10.1017/S0021859617000879>
- Purwaningsih, Y. (2008). Ketahanan pangan: Situations, Problems, Policies and Community Empowerment. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 9(1), 1–27.
- Ramanda Abdi, S., dan Bambang., S., D. (2018). Analisis Kombinasi Citra Sentinel-1a Dan Citra Sentinel-2a Untuk Klasifikasi Tutupan Lahan (Studi Kasus: Kabupaten Demak, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(2), 85–96. [file:///C:/Users/HP/Desktop/Jurnal/dapus sentinel 2 a.pdf](file:///C:/Users/HP/Desktop/Jurnal/dapus%20sentinel%202%20a.pdf)
- Rizky Mulya Sampurno; Ahmad Thoriq. (2016). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) di Kabupaten Sumedang (in Bahasa). *Jurnal Teknotan*, 10(2), 61–70.
- Rusdiana, S., & Maesya, A. (2017). Pertumbuhan sosial ekonomi dan kebijakan pertanian. *Agriekonomika*, 6(1), 12–25.
- Sjarif, A. C., Sc, M., Lisangan, E. A., & Kom, S. (2014). *Web-Based Visualization dengan Menggunakan Metode Stacking Images stacking images*. January 2012, 2–6. <https://doi.org/10.13140/2.1.5026.4325>
- Suryamin. (2015). *Pedoman Pelaksanaan Uji Coba Sistem Kerangka Sampel Area (KSA)*. Badan Pusat Statistik.
- Teluguntla, P., Thenkabail, P., Oliphant, A., Xiong, J., Gumma, M. K., Congalton, R. G., Yadav, K., & Huete, A. (2018). A 30-m landsat-derived cropland extent product of Australia and China

- using random forest machine learning algorithm on Google Earth Engine cloud computing platform. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 144(August), 325–340. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.07.017>
- Tran, K. H., Zhang, H. K., McMaine, J. T., Zhang, X., & Luo, D. (2022). 10 m crop type mapping using Sentinel-2 reflectance and 30 m cropland data layer product. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 107(November 2021), 102692. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102692>
- Widyaningsih, M. (2015). Segmentasi Canny Dan Otsu Pada Citra Daun Jeruk Tidak Sehat. *Semnaskit*, 43–48.
- Wouthuyzen, S., & Ahmad, F. (2018). Pemetaan Mangrove Kepulauan Lease, Provinsi Maluku Menggunakan Data Multi-Temporal Dan Multi-Sensor Citra Satelit Landsat. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, 3(1), 19. <https://doi.org/10.14203/oldi.2018.v3i1.134>
- Xie, G., & Niculescu, S. (2022). Mapping Crop Types Using Sentinel-2 Data Machine Learning and Monitoring Crop Phenology with Sentinel-1 Backscatter Time Series in Pays de Brest, Brittany, France. *Remote Sensing*, 14(18), 1–27. <https://doi.org/10.3390/rs14184437>
- Zhao, H., Duan, S., Liu, J., Sun, L., & Reymondin, L. (2021). Evaluation of five deep learning models for crop type mapping using sentinel-2 time series images with missing information. *Remote Sensing*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/rs13142790>