



JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN

ISSN: 2085-2614; e ISSN : 2528-2654

Journal homepage: <https://jurnal.usk.ac.id/RTP>



Analisis Perubahan Tutupan Lahan (*Land Cover*) Wilayah Malang Raya Menggunakan Citra Sentinel

Rufiani Nadzirah¹⁾, Indarto Indarto^{1*)}, Dini Retno Widyaningsih¹⁾, M. Ilwan Tegih O.¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Jember, Jawa Timur, Indonesia 68121

*E-mail: indarto.ftp@unej.ac.id

Abstrak

Wilayah Malang Raya merupakan salah satu wilayah dengan pertumbuhan penduduk yang cepat di Jawa Timur. Selain jumlah pertumbuhan penduduk yang besar, wilayah Malang juga memiliki potensi wisata dan termasuk daerah dengan pusat 160eningkata di Jawa Timur. Hal tersebut berpengaruh besar terhadap pertumbuhan 160eningkatan yang terjadi di wilayah Malang Raya. Informasi mengenai tutupan lahan mulai banyak dibutuhkan, misalnya untuk mengetahui ketersediaan lahan terbuka yang dapat digunakan dalam sektor 160eningkat. Informasi tersebut dapat memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui perbandingan tutupan lahan di Wilayah Malang Raya selama periode 2015 dan 2020 menggunakan Citra Satelit Sentinel dan metode Maximum Likelihood Classification (MLC). Analisis yang telah dilakukan menghasilkan peta tematik tutupan lahan Wilayah Malang Raya tahun 2015 dan 2020. Peta tematik yang dihasilkan pada tahun 2015 memiliki kualitas citra yang kurang baik karena terdapat tutupan awan dan kabut. Tahun 2020 menghasilkan kualitas citra yang lebih baik. Hasil klasifikasi yang dilakukan menggunakan metode Maximum Likelihood menunjukkan pada tahun 2015 nilai Overall 87,81% dan Kappa 85,79%. Pada tahun 2020 menghasilkan nilai Overall 91,88% dan Kappa 90,56%. Perbandingan tutupan lahan periode tahun 2015 dan 2020 menunjukkan hasil 160eningkatan terbesar terjadi pada kelas tutupan tegalan/ladang. Sedangkan penurunan terbesar terjadi pada kelas tutupan kebun.

Kata kunci: MLC, sentinel, tutupan lahan

Comparative Analysis of Land Cover in the Malang Regional Area Using Sentinel Imagery

Rufiani Nadzirah¹⁾, Indarto Indarto^{1*)}, Dini Retno Widyaningsih¹⁾, M. Ilwan Tegih O.¹⁾

¹ Department of Agricultural Engineering Faculty of Agricultural Technology Jember University, Jember, East Java, Indonesia 68121

*E-mail: indarto.ftp@unej.ac.id

Abstract

The Greater Malang region is experiencing the swiftest population growth in East Java. In addition to substantial population expansion, the Malang area possesses tourism potential and serves as an educational hub in East Java. This growth significantly influences the region's development. Comprehensive information about land coverage is essential, including determining the availability of open land for agricultural use. Remote sensing technology facilitates obtaining land coverage data. This study compares land coverage in the Malang region during 2015 and 2020, utilizing Sentinel Satellite Imagery and the Maximum Likelihood Classification (MLC) method. The analysis produced thematic maps of land coverage for the Greater Malang Region in 2015 and 2020. The 2015 thematic maps suffered from poor image quality due to cloud cover and fog, which improved in 2020. The Maximum Likelihood classification results indicated an overall accuracy of 87.81% and a Kappa value of 85.79% for 2015, improving to 91.88% and 90.56% in 2020, respectively. A comparison of land cover for the 2015 and 2020 periods shows that the most significant increase occurred in wasteland/heterogeneous agricultural field areas, while the most significant decrease ensued in plantation areas.

Keywords: MLC, sentinel, land cover

PENDAHULUAN

Wilayah Malang Raya merupakan salah satu wilayah dengan pertumbuhan penduduk yang cepat di Jawa Timur. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (2022) jumlah penduduk Kabupaten Malang pada tahun 2018 sebesar 2.591.795 orang, dengan laju pertumbuhan penduduk tahun 2015-2018 sebesar 0,62%. Hal ini menjadi pengaruh besar terhadap pertumbuhan pembangunan yang terjadi di wilayah Malang Raya yang dibuktikan dengan semakin padatnya pemukiman, banyaknya pusat perbelanjaan, gedung sekolah, pusat kesehatan, taman dan pusat-pusat pelayanan serta fasilitas umum lainnya. Selain penambahan jumlah penduduk, wilayah Malang yang berpotensi sebagai daerah wisata juga berpengaruh terhadap bertambahnya pembangunan yang dapat menunjang sektor pariwisata tersebut (Muflih & Ananda, 2022). Berdasarkan pertumbuhan sektor pembangunan, hal tersebut mempengaruhi ketersediaan lahan terbuka di wilayah Malang Raya saat ini. Saat ini informasi mengenai tutupan lahan mulai banyak dibutuhkan, salah satunya adalah untuk mengetahui ketersediaan lahan terbuka yang dapat digunakan dalam sektor pertanian.

Tutupan lahan merupakan informasi dasar dalam kajian *geoscience* dan perubahan global. Teknologi pengambilan, penyimpanan dan pengolahan data citra satelit untuk pemetaan tutupan lahan saat ini telah berkembang pesat ke arah *Big Data*

dan *Cloud Computing*, terutama yang dibangun oleh *Google Earth Engine* (GEE) yang merupakan infrastruktur komputasi data geospasial berbasis awan yang didukung oleh *Google Cloud Platform* (Fikri et al., 2022; Gorelick et al., 2017). Keunggulan menggunakan GEE dapat memudahkan kita dalam menganalisis perubahan tutupan lahan secara *time series* serta cakupan area yang luas (Kumar & Mutanga, 2018). Berdasarkan penelitian Rahmawati dkk, (2017) mengenai pola spasial suhu permukaan daratan di wilayah Malang Raya bahwa tutupan lahan akan mengalami perubahan seiring dengan kebutuhan manusia akan lahan dari waktu ke waktu. Tutupan lahan berkaitan dengan kerapatan bangunan dan kerapatan vegetasi yang ada. Pada umumnya, tingkat kerapatan bangunan yang terdapat di pusat kota akan lebih tinggi jika dibandingkan dengan kerapatan vegetasi yang ada. Hal tersebut dimungkinkan karena banyak daerah yang sebelumnya berisi vegetasi kemudian digantikan dengan lahan terbangun. Analisis tutupan lahan di wilayah Malang Raya tersebut dapat memanfaatkan teknologi penginderaan jauh, salah satunya dengan citra Sentinel 2. Penginderaan jauh dapat menampilkan obyek di permukaan bumi secara aktual sesuai dengan wujud dan letak obyek sebenarnya (Irawan & Malau, 2016).

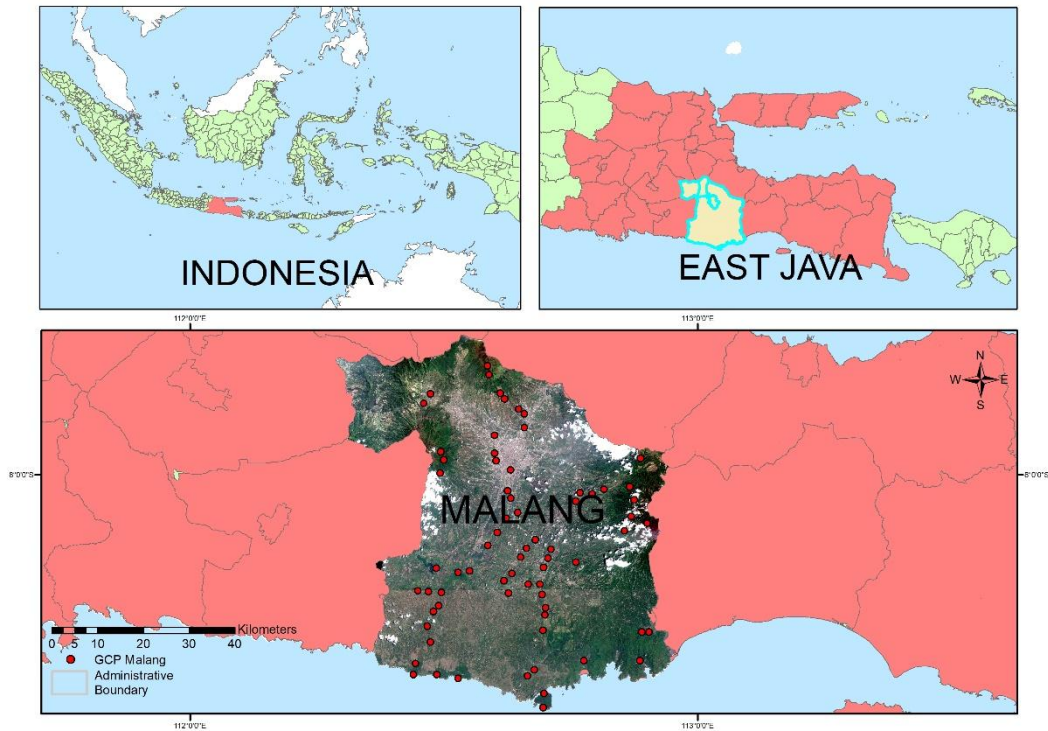
Citra Sentinel-2 merupakan salah satu citra satelit yang banyak digunakan secara luas untuk memetakan jenis tanaman. Sentinel-2 ini memiliki cakupan yang luas dan resolusi tinggi dengan 13 *band* spektral (Ramanda, 2018). 13 *band* tersebut dengan rincian 4 *band* beresolusi 10 m, 6 *band* beresolusi 20 m, dan 3 *band* beresolusi spasial 60 m dengan area pandang 290 km. Sentinel 2 juga dilengkapi dengan keunggulan pada resolusi spasial yang lebih tinggi (Kawamuna et al., 2017). Data Citra Sentinel-2 yang digunakan meliputi wilayah Malang Raya dengan periode tahun 2015 dan 2020. Analisis perbandingan tutupan lahan menggunakan metode *Maximum Likelihood Classification* (MLC) karena metode tersebut menggunakan algoritma yang paling mapan secara statistik. *Maximum likelihood* memiliki keunggulan dengan cara mengevaluasi kuantitatif varian maupun korelasi pola tanggapan spektral pada saat mengklasifikasi piksel yang tidak dikenal. *Maximum likelihood* mengambil nilai probabilitas maximum dan cara untuk mendapatkan hasil klasifikasi dengan *training area* (Septiani et al., 2019). Penelitian sejenis Sampurno & Thoriq (2016) menunjukkan bahwa *maximum likelihood* memberikan tingkat dalam rata-rata 94,04%, 85,04% dan 99,61% pada daerah yang heterogen. *Maximum likelihood* mempertimbangkan faktor peluang dari satu piksel untuk dikelaskan ke dalam kelas atau kategori tertentu. Peluang ini sering disebut *prior probability*, dapat dihitung dengan menghitung persentase tutupan pada citra yang akan diklasifikasi. Jika peluang ini tidak diketahui maka besarnya peluang dinyatakan sama untuk semua kelas (satu per jumlah kelas yang dibuat) (Ciptaningtyas & Suhardiyo, 2016). Hasil dari analisis tersebut berupa peta tematik tutupan lahan di wilayah Malang Raya. Berdasarkan peta tematik tersebut dapat diketahui bagaimana perubahan kondisi tutupan lahan (*land cover*) wilayah Malang Raya selama kurun waktu lima tahun berupa seberapa besar daerah yang menjadi pemukiman, lahan pertanian, perkebunan, kawasan industri dan lain sebagainya.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengolah data citra Sentinel 2-A tahun 2015 dan 2020 menjadi peta tutupan lahan di wilayah Malang Raya, (2) membandingkan dan menganalisis perubahan tutupan lahan (*Land Cover*) di wilayah Malang Raya pada tahun 2015 dan 2020.

METODE PENELITIAN

Wilayah Penelitian

Wilayah kajian pada penelitian ini yaitu Malang Raya yang meliputi Kota Batu, Kota Malang, dan Kabupaten Malang – Jawa Timur yang ditunjukkan pada (Gambar 1).



Gambar 1. Wilayah penelitian meliputi Malang Raya

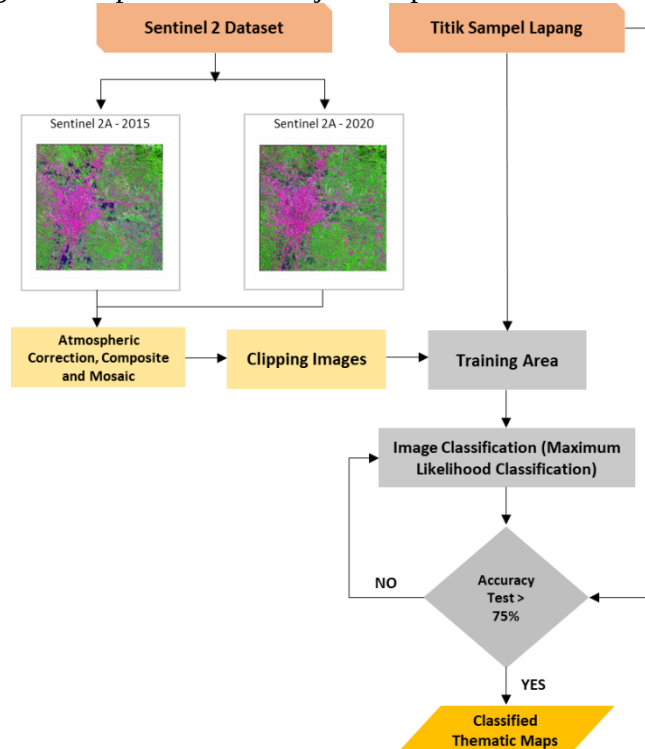
Input Data

Pada penelitian ini, Citra Satelit Sentinel-2 digunakan sebagai input utama yang dihasilkan dan diunduh melalui platform Code Editor Google Earth Engine pada laman <https://code.earthengine.google.com/>. Sentinel 2 sendiri merupakan satelit resolusi menengah yang merupakan bagian dari program observasi bumi oleh European Space Agency. Misi Sentinel 2 membawa dua satelit identik dengan orbit yang sama sehingga memiliki frekuensi revisit (resolusi temporal) yang tinggi (5 hari). Sentinel 2 membawa instrumen optik yang mengakuisisi 13 band spektral, dengan resolusi spasial berkisar pada 10 hingga 60 meter (ESA, 2015).

Input data pada penelitian ini terdiri dari data *training area* melalui pengukuran lapangan dan data citra Sentinel 2-A di wilayah Malang Raya perekaman tahun 2015 dan 2020 dengan tutupan awan kurang dari 10%. Wilayah kajian ini sendiri tercakup dalam 4 scene citra pada *path/row* T49MFM dan T49LFL. *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 320 titik *training area*. Pengambilan data training dilakukan dengan digitasi manual menggunakan GPS untuk mengetahui koordinat titik sampel.

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. Diagram alir penelitian

a. Pra Pengolahan Data

Pra pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi proses koreksi atmosferik, komposit citra, mosaik dan *clipping* citra. Koreksi atmosferik dilakukan untuk mengurangi gangguan akibat efek atmosfer yang menyebabkan perbedaan nilai reflektan objek (Lilik et al., 2016). Koreksi dilakukan menggunakan algoritma *Dark Object Subtraction* (DOS) pada *Semi Automatic Classification Plugin* di QGIS (Chavez, 1988). Citra mosaik kemudian dipotong menggunakan batas administrasi Malang Raya dan ditampilkan dalam komposit SWIR-NIR-Red (11-8-4). Citra mosaik kemudian dipotong menggunakan batas administrasi Malang Raya dan ditampilkan dalam komposit *SWIR-NIR-Red* (11-8-4). Band SWIR dan NIR digunakan karena merupakan salah satu band yang baik dalam memisahkan unsur-unsur tutupan lahan, utamanya vegetasi (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, 2015). Reformat data dilakukan dengan cara mengubah data training dari kml/kmz menjadi *shapefile*.

b. Pengolahan Data

Tahap pengolahan data pada penelitian ini terdiri dari pembuatan *training area*, *image classification*, dan klasifikasi citra. *Training area* pada penelitian ini terdiri dari 9 kelas tutupan lahan yaitu lahan terbangun, badan air, hutan, kebun, lahan kering, sawah, tegalan, pasir dan awan. Pada tahap *image classification* proses klasifikasi terbimbing (*Supervised*) sepenuhnya dikendalikan oleh pengguna dalam pengelompokan sampel objek/*training area* yang dikaji.

c. Uji Akurasi

Uji akurasi adalah pengujian seberapa dekat nilai hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya (*true value*) atau nilai yang dianggap benar (*accepted value*) (Hanifah & Prastowo, 2016). 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*. Perhitungan akurasi *Kappa* dapat dilakukan setelah menyusun matriks kesalahan. Tabel 1 berikut merupakan contoh penyusunan matriks tersebut beserta persamaannya (Story & Congalton, 1986).

Tabel 1. Matriks kesalahan

Data referensi	Diklasifikasikan ke dalam kelas (data kelas di peta)					Total
	1	2	3	4	5	
1	X_{ii}					X_{bi}
2						
3						
4						
5					X_{ij}	
Total	X_{ki}					N

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_i^n X_{ii}}{N} \times 100\%$$

$$\text{Kappa Accuracy} = \frac{N \sum_i^n X_{ii} - \sum_i^n X_{bi} X_{ki}}{N^2 - \sum_i^n X_{bi} X_{ki}} \times 100\%$$

Pada penelitian ini, 320 titik digunakan untuk pengujian dengan metode pengambilan random sampling dengan minimal jarak 100 meter antar titik. Hasil *kappa accuracy* dibedakan menjadi beberapa tingkat berdasarkan nilai tingkat kesesuaian (*agreement*) (Muhammad et al., 2016).

Tabel 2. Kategori tingkat kesesuaian *Kappa Accuracy*

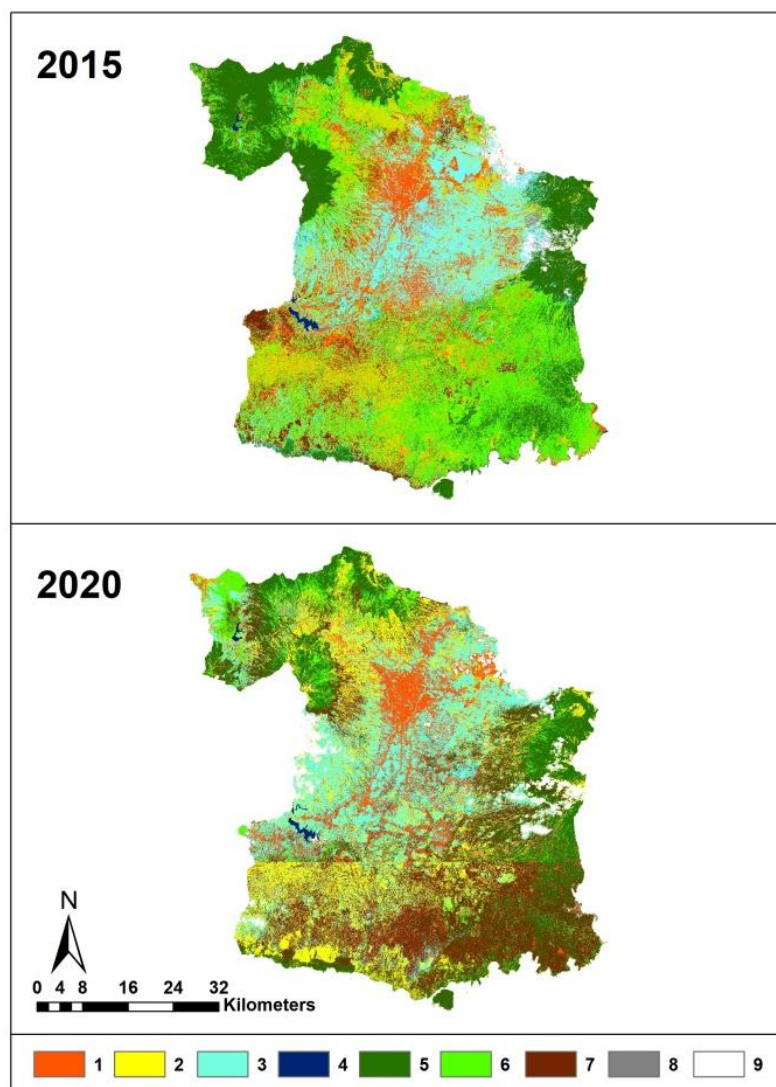
Nilai Kappa (%)	Agreement
<0	Less than change agreement
1-20	Slight agreement
21-40	Fair agreement
41-60	Moderate agreement
61-80	Substantial agreement
81-99	Almost perfect agreement

Sumber: (Muhammad et al., 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Klasifikasi

Klasifikasi perubahan tutupan lahan di Wilayah Malang Raya berdasarkan citra satelit Sentinel-2A pada tahun 2015 dan 2020 ditunjukkan pada Gambar 3. Citra Sentinel-2A diklasifikasikan menjadi sembilan kelas tutupan lahan dimana secara rinci meliputi (1) pemukiman/lahan terbangun, (2) lahan kering, (3) sawah, (4) badan air, (5) hutan, (6) kebun, (7) tegalan/ladang, (8) pasir/tanah kosong, (9) awan.



Gambar 3. Hasil klasifikasi tutupan lahan di wilayah Malang Raya

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

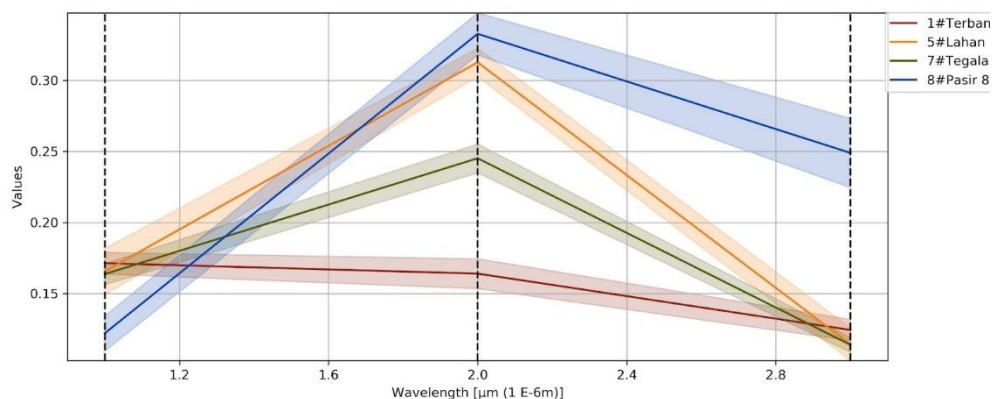
Tabel 3. Perbandingan tutupan lahan di wilayah Malang Raya

Kelas	Tahun 2015		Tahun 2020	
	Km ²	Persentase (%)	Km ²	Persentase (%)
Lahan terbangun	475,78	12,65	378,76	10,07
Lahan kering	700,89	18,64	628,17	16,70
Sawah	602,99	16,03	841,52	22,38
Badan air	11,73	0,31	9,56	0,25
Hutan	753,71	20,04	551,53	14,67
Kebun	899,35	23,92	270,72	7,20
Tegalan/ladang	212,03	5,64	900,36	23,94
Pasir	22,07	0,59	28,77	0,76
Awan	82,06	2,18	151,24	4,02
Total	3760,62	100	3760,62	100

Perbandingan sembilan kelas hasil klasifikasi tutupan lahan Wilayah Malang Raya pada citra perekaman tahun 2015 dan tahun 2020 ditunjukkan pada Gambar 3 dan Tabel 3. Tutupan lahan merupakan kenampakan material fisik permukaan bumi berupa sawah, gedung/lahan terbangun, hutan, kebun, dan sebagainya. Tutupan lahan dapat menyediakan informasi yang sangat penting untuk keperluan pemodelan serta untuk memahami fenomena alam yang terjadi di permukaan bumi (Sampurno & Thoriq, 2016). Pada beberapa periode waktu, dapat terjadi perubahan kondisi tutupan lahan. Perubahan kondisi tutupan lahan tersebut dapat disebabkan oleh kegiatan manusia di muka bumi untuk memenuhi kebutuhan hidupnya (Indarto & Hakim, 2021). Jenis tutupan lahan di wilayah Malang Raya yang terklasifikasi dibedakan menjadi sembilan jenis kelas yaitu, lahan terbangun, lahan kering, sawah, badan air, hutan, kebun, tegalan/ladang, pasir dan awan.

Tutupan lahan perekaman tahun 2015 menunjukkan hasil yang kurang baik. Hal tersebut disebabkan oleh adanya tutupan kabut sehingga mempengaruhi hasil klasifikasi citra tahun 2015 yang berupa kesalahan klasifikasi kelas sawah menjadi kelas pemukiman/lahan terbangun. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Nugroho et al., 2019) bahwa kondisi geografis Indonesia yang mempunyai liputan awan yang tinggi menyebabkan banyak lokasi yang sulit teridentifikasi melalui teknologi penginderaan jauh optik karena tertutup oleh awan. Selain itu juga terdapat kesalahan klasifikasi sawah, kebun, dan lahan terbangun menjadi hutan pada wilayah Kecamatan Pujon, Ngantang, dan Kasembon. Kesalahan klasifikasi tersebut dipengaruhi oleh adanya perbedaan *scene* dengan wilayah Malang Raya lainnya pada tahun 2015 dan perbedaan kualitas dari masing-masing *scene* yang digunakan.

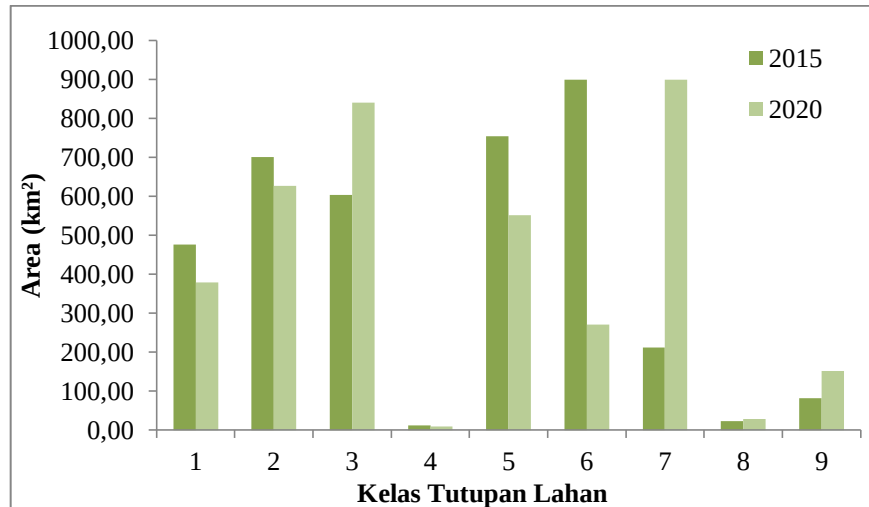
Hasil analisis juga menunjukkan banyak area lahan terbangun yang terklasifikasi menjadi lahan kering, tegalan, dan pasir. Kesalahan ini diakibatkan dari kemiripan respon spektral pada keempat tutupan lahan tersebut. Pada analisis respon spektral menggunakan komposit SWIR-NIR-Red (Gambar 4), diketahui bahwa terdapat overlap antara keempat kelas tersebut pada band Red, dan terdapat overlap kelas lahan terbangun, lahan kering, dan tegalan pada band SWIR. Overlap ini menyebabkan algoritma sulit untuk memisahkan kelas tersebut sehingga terjadi kesalahan klasifikasi. Salah satunya adalah banyak tutupan lahan lain yang terklasifikasi menjadi lahan terbangun, sehingga luasan lahan terbangun menjadi lebih besar dibanding tahun 2020.



Gambar 4. Respon spektral lahan terbangun, lahan kering, tegalan dan pasir pada citra 2015

Pada Citra Satelit Sentinel-2A perekaman tahun 2020 memiliki tutupan awan sebesar 4.02% atau total luas 150.99 km². Hal tersebut mempengaruhi proses dan hasil klasifikasi tutupan lahan tahun 2020 karena tutupan awan menyebabkan tidak dapat

mendeteksi tutupan lahan atau kelas yang sebenarnya secara maksimal sehingga berpengaruh pada hasil klasifikasi 8 kelas tutupan lahan lainnya. Nilai error yang tinggi juga dapat disebabkan oleh adanya pengaruh awan ataupun kabut (*haze*) yang terekam pada citra. Hal tersebut membuat nilai spektral yang terekam satelit masih mendapat pengaruh dari awan ataupun kabut melainkan bukan murni reflektan dari tutupan lahan yang seharusnya (Prasetyo et al., 2019).



Gambar 5. Perbandingan tutupan lahan di wilayah Malang Raya

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

Hasil klasifikasi tutupan lahan yang ditunjukkan pada Gambar 5 menggunakan citra satelit Sentinel-2A periode 2015 dan 2020 terjadi perubahan luas pada setiap kelas tutupan lahan. Beberapa kelas tutupan lahan mengalami peningkatan luas yang meliputi sawah, tegalan/ladang, dan pasir/tanah kosong. Sedangkan kelas tutupan lahan yang mengalami penurunan luas meliputi pemukiman/lahan terbangun, lahan kering, badan air, hutan, dan kebun. Peningkatan luas tertinggi terjadi pada kelas tutupan lahan tegalan/ladang.

Analisis menunjukkan bahwa terjadi peningkatan sebesar 324.64% ladang atau seluas 686,87 km². Hal ini selaras dengan data Badan Pusat Statistik (2015, 2022) yang menunjukkan bahwa terjadi peningkatan luas panen dan produktivitas tanaman sayur dan hortikultura yang signifikan (+214%) pada wilayah kajian, terutama pada komoditas bawang merah, bawang daun, sawi, jamur, dan kembang kol.

Pada lahan sawah, hasil klasifikasi menunjukkan perluasan lahan seluas 238.53 km² (+39.56%) dari tahun 2015. Hal ini juga selaras dengan data yang ditunjukkan oleh BPS yang menunjukkan bahwa terjadi peningkatan luas panen sebesar 40.51% di wilayah Malang Raya, dimana perluasan terbesar ada pada wilayah administrasi Kabupaten Malang. Sebagai konsekuensinya, lahan kebun mengalami penurunan yang cukup signifikan sebesar -69.9%. Selain kebun, lahan hutan dan lahan kering juga mengalami penurunan luasan. Berdasarkan hasil klasifikasi, tercatat penurunan pada masing-masing sebesar -26.82 dan -10.38%. Penurunan ini utamanya terjadi pada wilayah bagian selatan.

Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan dengan membuat tabel *confusion matrix* menggunakan 320 titik pada citra tahun 2015 dan tahun 2020. Titik yang digunakan merupakan

gabungan dari 20% titik *training area* dan 80% titik acak yang dibuat menggunakan metode *stratified random sampling - area based proportion*. Hasil uji akurasi masing-masing kelas ditampilkan pada Tabel 4 dan Tabel 5. Secara umum, hasil klasifikasi citra tahun 2015 dan tahun 2020 pada kelas pemukiman/lahan terbangun, lahan kering, sawah, badan air, hutan, kebun, tegalan/ladang, pasir/tanah kosong dan awan masih terdapat banyak kesalahan. Hal tersebut ditunjukkan dengan titik *random sampling* pada suatu kelas terklasifikasikan sebagai kelas lain.

Tabel 4. Matriks kesalahan klasifikasi citra sentinel tahun 2015

Kelas	Akurasi Referensi (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jumlah
1	74,00	37	0	0	0	1	7	5	0	0	50
2	90,00	0	9	0	0	1	0	0	0	0	10
3	95,00	0	0	38	1	0	1	0	0	0	40
4	94,00	0	0	0	47	0	3	0	0	0	50
5	65,00	0	0	3	0	13	1	2	1	0	20
6	96,00	0	0	0	2	0	48	0	0	0	50
7	95,00	1	0	0	0	0	2	57	0	0	60
8	83,33	0	0	0	0	0	5	0	25	0	30
9	70,00	0	0	0	0	0	2	1	0	7	10
Jumlah		38	9	41	50	15	69	65	26	7	320

Akurasi Andalan (%) 97,37 100,00 92,68 94,00 86,67 69,57 87,69 96,15 100,00

Overall Accuracy (%) : 87,81%

Kappa Accuracy (%) : 85,79%

Tabel 5. Matriks kesalahan klasifikasi citra sentinel tahun 2020

Kelas	Akurasi Referensi (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jumlah
1	88,00	44	0	1	2	2	1	0	0	0	50
2	100,00	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
3	100,00	0	0	30	0	0	0	0	0	0	30
4	90,00	4	0	0	45	0	1	0	0	0	50
5	100,00	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20
6	95,00	1	0	1	0	0	57	0	1	0	60
7	90,00	0	0	3	0	0	0	36	1	0	40
8	98,00	0	0	1	0	0	0	0	49	0	50
9	30,00	2	0	0	1	3	1	0	0	3	10
Jumlah		51	10	36	48	25	60	36	51	3	320

Akurasi Andalan (%) 86,27 100,00 83,33 93,75 80,00 95,00 100,00 96,08 100,00

Overall Accuracy (%) : 91,88%

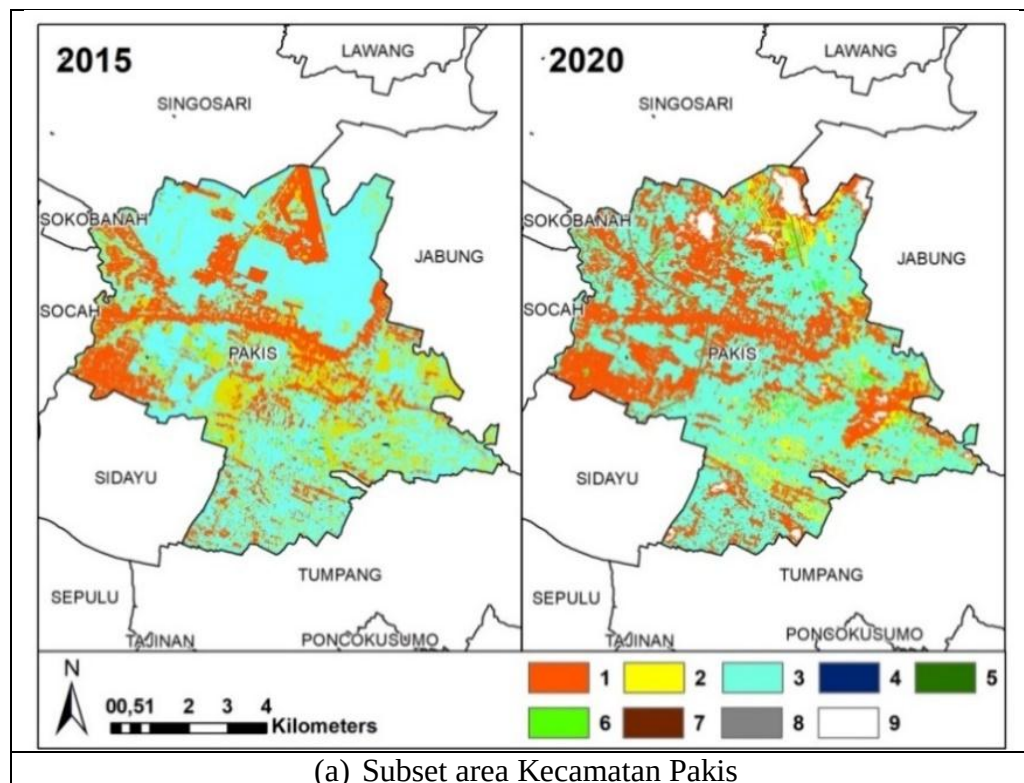
Kappa Accuracy (%) : 90,56%

Kesalahan klasifikasi yang menyebabkan kurang maksimalnya perhitungan akurasi *overall* dan *kappa* pada peta hasil klasifikasi karena spektrum warna pada citra terutama kelas vegetasi cenderung berwarna hijau (Dimitrov et al, 2019). Piksel tidak dapat terklasifikasi secara benar disebabkan oleh kualitas citra satelit Sentinel-2A yang kurang baik pada wilayah kajian, sehingga berpengaruh pada hasil klasifikasi citra. Terdapat kemiripan warna piksel antara kelas dengan warna piksel kelas yang lain menyebabkan rendahnya tingkat akurasi yang dihasilkan. Selain itu dapat disebabkan oleh titik *random sampling* yang terklasifikasi menjadi kelas lain. Warna piksel lahan kering yang cenderung terang dapat terklasifikasikan pada permukiman/lahan terbangun, sawah, dan pasir/tanah kosong. Hasil uji akurasi yang telah dilakukan pada tahun 2015 mendapatkan nilai *Overall* 87.81% dan *Kappa* 85.79%. Sedangkan hasil uji akurasi yang telah dilakukan pada tahun 2020 mendapatkan nilai *Overall* 91.88% dan *Kappa* 90.56%. Hal ini dapat diartikan bahwa dengan hasil uji akurasi tersebut klasifikasi citra satelit sentinel tahun 2015 maupun tahun 2020 dapat diterima. Syarat hasil klasifikasi dapat diterima jika nilai akurasinya lebih dari 75% (Nugroho et al., 2019).

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 Pakis dan Singosari. Hasil klasifikasi tutupan lahan pada subset area Kecamatan Pakis dan Kecamatan Singosari ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7 serta Tabel 6 dan 7 berikut.

Kecamatan Pakis



Gambar 6. Hasil klasifikasi tutupan lahan subset area kecamatan Pakis
Keterangan: (1) permukiman/lahan terbangun, (2) lahan kering, (3) sawah, (4) badan air, (5) hutan, (6) kebun, (7) tegalan/ladang, (8) pasir/tanah kosong, (9) awan.

Tabel 6. Perbandingan klasifikasi tutupan lahan pada subset area Kecamatan Pakis

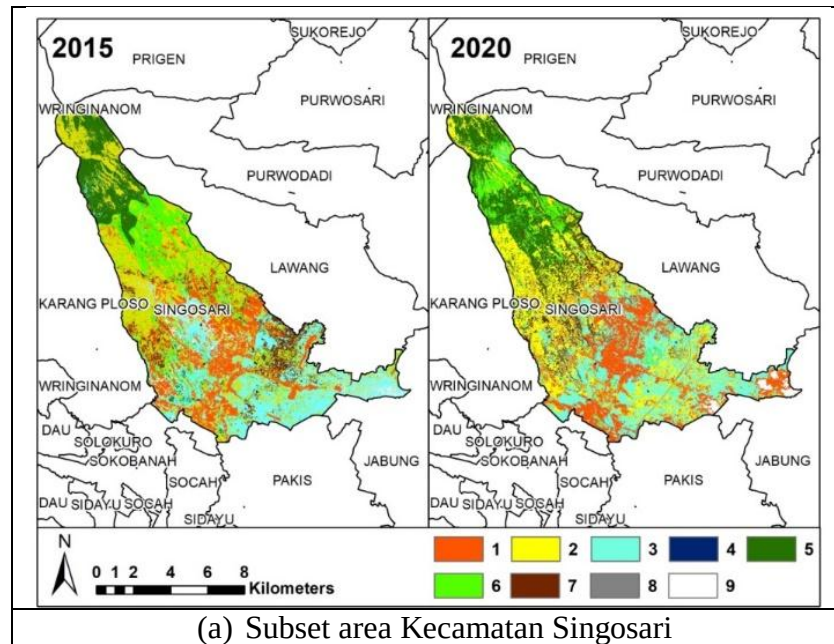
Kelas	Tahun 2015		Tahun 2020	
	km ²	%	km ²	%
1	15,03	23,51	22,06	34,53
2	12,15	19,01	4,20	6,58
3	36,41	56,98	33,66	52,69
5	0,16	0,25	0,00	0,00
6	0,15	0,24	1,35	2,11
7	0,01	0,01	0,01	0,01
8	0,00	0,00	0,75	1,18
9	0,00	0,00	1,86	2,91
Total	63,90	100,00	63,89	100,00

Subset area kecamatan Pakis dipilih karena terdapat pembangunan jalan tol Pandaan-Malang segmen Pakis yang diresmikan pada 7 April 2020 (Alexander, 2022). Analisis perbandingan tutupan lahan pada subset area Kecamatan Pakis dilakukan untuk mengetahui dampak dari pembangunan jalan tol terhadap pembangunan fasilitas pendukung lainnya disekitar area Pakis. Beberapa perubahan tutupan lahan yang sangat signifikan terjadi pada pemukiman/lahan terbangun, sawah, dan lahan kering. Luasan tutupan di Kecamatan Pakis yang meliputi pemukiman/lahan terbangun mengalami peningkatan selama periode 2015-2020. Perubahan tutupan yang mengalami penurunan yaitu area sawah yang dipengaruhi oleh pembangunan infrastruktur yang terjadi di wilayah Malang Raya. Salah satu pembangunan infrastruktur tersebut adalah pembangunan Jalan Tol Pandaan-Malang atau Jalan Tol Mapan sepanjang 38,48 km. Selain pembangunan Jalan Tol Pandaan-Malang, di wilayah Kecamatan Pakis juga terdapat Bandar Udara Abdulrachman Saleh. Berdasarkan dua hal tersebut menunjukkan bahwa wilayah Kecamatan Pakis merupakan wilayah yang sangat strategis sehingga mempengaruhi pembangunan infrastruktur lainnya disekitar wilayah Kecamatan Pakis, seperti pemukiman, hotel, pabrik, sekolah dan lain sebagainya berdasarkan aspek kesehatan, pendidikan, dan perekonomian.

Kecamatan Singosari

Analisis perbandingan tutupan lahan pada subset area Kecamatan Singosari terus mengalami peningkatan dari tahun 2015-2020. Kelas tutupan lahan yang terus mengalami peningkatan yaitu kelas pemukiman/lahan terbangun, sawah, hutan, tegalan/ladang dan pasir/tanah kosong. Sedangkan kelas tutupan lahan yang mengalami penurunan yaitu lahan kering, badan air, kebun dan awan. Kecamatan Singosari merupakan kawasan yang berada di wilayah utara Malang Raya dan dilewati jalur utama menuju kawasan Malang Raya dari sisi utara. Kecamatan Singosari juga terdapat pintu gerbang Tol Pandaan-Malang yang diresmikan pada 13 Mei 2019. Berdasarkan dua hal tersebut, Kecamatan Singosari berada pada wilayah strategis karena sebagai jalur keluar-masuk menuju kawasan Malang Raya sehingga berdampak pada peningkatan pembangunan infrastruktur pendukung seperti area perdagangan, industri, dan lain sebagainya. Selain itu di Kecamatan Singosari juga terdapat situs budaya berupa Candi Singosari, Candi Karangwaru, dan situs budaya lainnya. Dengan adanya situs budaya tersebut, Kecamatan Singosari sangat berpotensi sebagai daerah perkembangan wisata, sehingga mempengaruhi pembangunan pemukiman atau fasilitas

pendukung yang meliputi hotel, pusat oleh-oleh, fasilitas kesehatan, pendidikan, dan lain sebagainya.



Gambar 7. Hasil klasifikasi tutupan lahan subset area kecamatan Pakis
Keterangan: (1) permukiman/lahan terbangun, (2) lahan kering, (3) sawah, (4) badan air, (5) hutan, (6) kebun, (7) tegalan/ladang, (8) pasir/tanah kosong, (9) awan.

Tabel 7. Perbandingan klasifikasi tutupan lahan pada subset area Kecamatan Singosasi

Kelas	Tahun 2015		Tahun 2020	
	km ²	%	km ²	%
1	17,26	15,23	19,97	17,63
2	35,16	31,03	29,12	25,71
3	24,01	21,19	27,85	24,58
5	12,15	10,72	14,83	13,09
6	13,93	12,30	9,94	8,77
7	7,67	6,77	8,85	7,81
8	0,00	0,00	0,94	0,83
9	3,13	2,76	1,78	1,57
Total	113,30	100	113,27	100

KESIMPULAN

Hasil analisis perubahan tutupan lahan di wilayah Malang Raya menggunakan citra Sentinel 2-A pada tahun 2015 dan 2020 menunjukkan peta tematik yang dihasilkan pada tahun 2015 memiliki kualitas citra yang kurang baik karena terdapat tutupan awan dan kabut. Hasil klasifikasi yang dilakukan menggunakan metode *Maximum Likelihood* menunjukkan bahwa pada tahun 2015 nilai *Overall* sebesar 87,81% dan *Kappa* 85,79%, sedangkan pada tahun 2020 menghasilkan kualitas citra yang lebih baik. Pada tahun 2020 menghasilkan nilai *Overall* sebesar 91,88% dan *Kappa* sebesar 90,56%. Perubahan tutupan lahan periode tahun 2015-2020 menunjukkan hasil peningkatan

terbesar terjadi pada kelas tutupan tegalan/ladang. Sedangkan penurunan terbesar terjadi pada kelas tutupan kebun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Hibah Internal UNEJ (skim PrGB) untuk periode tahun 2022 – 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

- Alexander, H. B. (2022). *Sabtu Ini Resmi Bertarif, Tol Pakis-Malang Rp 3.000 untuk Golongan I*. <https://properti.kompas.com/read/2020/06/06/060000321/sabtu-ini-resmi-bertarif-tol-pakis-malang-rp-3000-untuk-golongan-i>
- Badan Pusat Statistik. (2015a). *Kabupaten Malang dalam Angka 2015*. BPS Kabupaten Malang.
- Badan Pusat Statistik. (2015b). *Kota Batu dalam Angka 2015*. BPS Kota Batu.
- Badan Pusat Statistik. (2015c). *Kota Malang dalam Angka 2015*. BPS Kota Malang.
- Badan Pusat Statistik. (2022a). *Kabupaten Malang dalam Angka 2022*. BPS Kabupaten Malang.
- Badan Pusat Statistik. (2022b). *Kota Batu dalam Angka 2022*. BPS Kota Batu.
- Badan Pusat Statistik. (2022c). *Kota Malang dalam Angka 2022*. BPS Kota Malang.
- Badan Pusat Statistik. (2022d). *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>
- Chavez, P. S. (1988). An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment*, 24(3), 459–479. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90019-3](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90019-3)
- 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>
- ESA. (2015). *Sentinel-2 User Handbook* (Vol. 2, Issue 1). European Space Agency.
- Fikri, A. A., Darmawan, A., Hilmanto, R., Banuwa, I. S., Agustiono, A., & Agustiana, L. (2022). Pemanfaatan platform Google Earth Engine dalam Pemantauan Perubahan Tutupan Lahan di Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman. *Journal of Forest Science Avicennia*, 5(1), 46–57. <https://doi.org/10.22219/avicennia.v5i1.19938>
- 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>
- Hanifah, I., & Prastowo, B. N. (2016). Uji GPS Tracking Dalam Skala Transportasi Antar Kota. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 6(2), 175. <https://doi.org/10.22146/ijeis.15257>
- Indarto, I., & Hakim, F. L. (2021). Tracking Land Use Land Cover changes from 2000 to 2018 in a local area of East Java Province, Indonesia. *Bulletin of Geography. Socio-Economic Series*, 52(52), 7–24. <https://doi.org/10.2478/bog-2021-0010>
- Irawan, S., & Malau, A. O. (2016). Analisis Persebaran Mangrove di Pulau Batam

- Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh. *Jurnal Integrasi*, 8(2), 80–87.
- Kawamuna, A., Suprayogi, A., & Wijaya, A. P. (2017). ANALISIS KESEHATAN HUTAN MANGROVE BERDASARKAN METODE KLASIFIKASI NDVI PADA CITRA SENTINEL-2. 6, 277–284.
- Kumar, L., & Mutanga, O. (2018). Google Earth Engine applications since inception: Usage, trends, and potential. *Remote Sensing*, 10(10), 1–15. <https://doi.org/10.3390/rs10101509>
- Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. (2015). *Pedoman Pengolahan Data Penginderaan Jauh Landsat 8 Untuk Mangrove*. Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. file:///E:/Hailuk/Semester 6/MKI/Proposal/000_Buku_Pedoman_TSM_final.pdf
- Lilik, K., Arwan, P. W., & Abdi, S. (2016). Analisis Pengaruh Koreksi Atmosfer Terhadap Estimasi Kandungan Klorofil-A Menggunakan Citra Landsat 8. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(4), 254–262. file:///C:/Users/HP/Desktop/Jurnal/korek atmosferik.pdf
- Muflih, M. F., & Ananda, C. F. (2022). Analisis Daya Saing Pariwisata Kota Malang. *Journal of Development Economic And Social Studies*, 1(2), 316–324. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21776/jdess>
- 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>
- Prasetyo, B. A., Rochaddi, B., & Satriadi, A. (2019). Aplikasi Citra Sentinel-2 untuk Pemetaan Sebaran Material Padatan Tersuspensi Di Muara Sungai Wulan Demak. *Journal of Marine Research*, 8(4), 379–386. <https://doi.org/10.14710/jmr.v8i4.25193>
- Rahmawati, A. H., Sobirin, & Djoko Harmantyo. (2017). Pola Spasial Suhu Permukaan Daratan di Kota Malang Raya , Jawa Timur. *Industrial Research Workshop and National Seminar Politeknik Negeri Bandung*, 548–559.
- 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
- 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.
- Septiani, R., Citra, I. P. A., & Nugraha, A. S. A. (2019). Perbandingan Metode Supervised Classification dan Unsupervised Classification terhadap Penutup Lahan di Kabupaten Buleleng. *Jurnal Geografi : Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian*, 16(2), 90–96. <https://doi.org/10.15294/jg.v16i2.19777>
- Story, M., & Congalton, R. G. (1986). Remote Sensing Brief Accuracy Assessment: A User's Perspective. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52(3), 397–399.