

IDENTIFIKASI KLASIFIKASI LAHAN DI KECAMATAN PAKEM KABUPATEN SLEMAN BERDASARKAN INTEPRETASI CITRA SENTINEL-2

Labisa Wafdan

Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia.

labisawafdan240@gmail.com

Abstract

Sleman Regency continues to experience a population increment over time which has an impact on the land physical changes to support the public life. To regulate the spatial planning, the Sleman Regency Government has issued Sleman Regency Regional Regulation Number 12 of 2012 about the Sleman Regency Regional Spatial Planning. Pakem District is one of the areas included in that spatial planning law. This study aims to classify the land cover of forest, farm, rice field, building, and open land in the Pakem District using Sentinel-2 satellite imagery. The land classification method was the maximum likelihood method and the accuracy testing methods were confusion matrix method and kappa value test. Classification accuracy test results in 92% overall accuracy values and 0.9157 kappa coefficient values, so that accuracy results of the Sentinel-2 satellite image classification can be used as a land classification map with very good accuracy. The area of each land classification classes are forest covering 1721,41 ha, farm covering 130,16 ha, building covering 327,04 ha, rice field covering 33,68 ha, and open land covering 283,74 ha. Therefore, the Sentinel-2 image can be used as a land use monitoring system with very good accuracy that can be used for the government as a basic planning of urban spatial policymaking.

Keywords: *Remote Sensing, Land Classification, Accuracy Test.*

Pendahuluan

Perkembangan Kabupaten Sleman kental terasa dipengaruhi oleh pertambahan penduduk sebagai akibat daya tarik Sleman sebagai pusat pemerintahan, perekonomian, pendidikan, rekreasi/pariwisata, dan sejenisnya. Daya tarik tersebut dianggap memberikan peluang yang lebih besar bagi perkembangan kehidupan. Salah satu dampak dari perkembangan kehidupan tersebut adalah terjadinya perubahan fisik lahan guna mendukung kehidupan masyarakat. Dalam usaha mengatur tata ruang,

Pemerintah Kabupaten Sleman telah menerbitkan Peraturan Daerah Kabupaten Sleman Nomor 12 Tahun 2012, tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sleman. Kecamatan Pakem menjadi salah satu wilayah yang masuk dalam perencanaan tata ruang dalam undang-undang tersebut. Wilayah ini merupakan sumber daya air dan ekowisata yang berorientasi pada aktivitas Gunung Merapi dan ekosistemnya. Kawasan yang berada di bawahnya diperbolehkan untuk menjadi kawasan budidaya yang sesuai dengan kondisi lahan, yaitu pertanian. Dengan demikian, pemanfaatan lahan tidak sampai merusak bentang alam yang ada. Perubahan guna lahan secara terbatas untuk pariwisata, industri maupun permukiman diperbolehkan untuk tetap mendorong pertumbuhan ekonomi di Kecamatan Pakem (Anonim, 2014).

Kesesuaian penggunaan lahan tersebut tentunya memerlukan data yang mampu menyajikan informasi penggunaan lahan yang tepat. Dengan menggunakan teknik penginderaan jauh mampu menyajikan informasi tentang klasifikasi penggunaan lahan karena dapat menyajikan informasi detail penggunaan lahan pada suatu daerah. Melalui penginderaan jauh dapat diketahui informasi tentang suatu wilayah tanpa kontak langsung dengan daerah yang dikaji. Untuk teknik penginderaan jauh lebih praktis dan efisien dalam mengumpulkan informasi mengenai suatu daerah. Menggunakan citra satelit dapat menghemat waktu dan tenaga serta lebih murah dibandingkan dengan pengamatan langsung di lapangan. Namun demikian untuk menjaga akurasi data yang dihasilkan, pekerjaan lapangan harus tetap dilakukan (Khosyi'ah dkk., 2017).

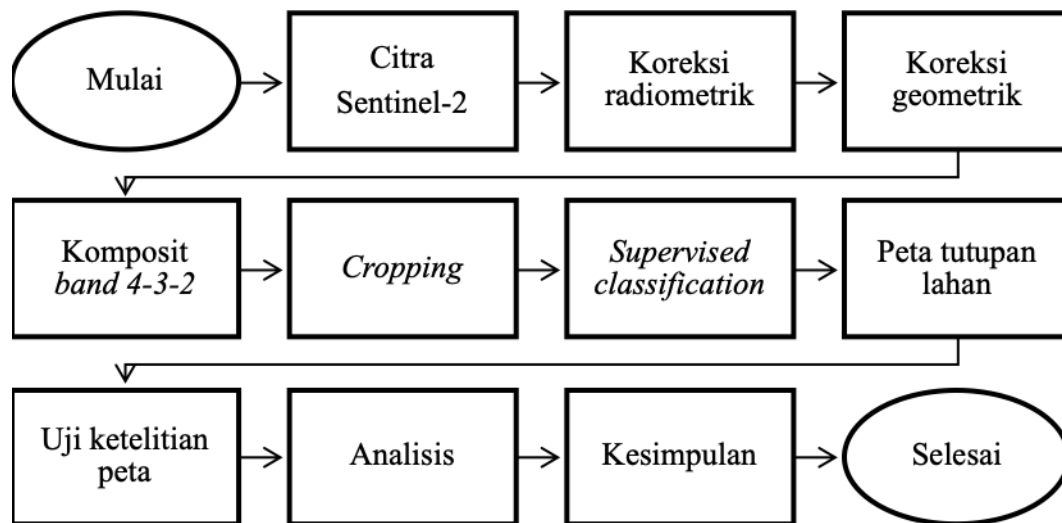
Dalam Lubis dkk. (2017), Suwargana (2013) menjelaskan bahwa karakter utama citra (*image*) dalam penginderaan jauh adalah adanya rentang kanal (*band*) panjang gelombang elektromagnetik yang dimilikinya. Beberapa radiasi yang dapat dideteksi dengan sistem penginderaan seperti radiasi cahaya matahari yang dapat terdeteksi melalui medium gelombang elektromagnetik. Daerah panjang gelombang elektromagnetik dari daerah *visible* dan *near* sampai *middle infrared*, atau dari distribusi spasial energi panas (*thermal*) yang dipantulkan dari permukaan bumi.

Setiap material pada permukaan bumi mempunyai reflektansi yang berbeda terhadap cahaya matahari, sehingga material-material tersebut akan mempunyai resolusi yang berbeda pada setiap *band* panjang gelombang. Objek di permukaan bumi berdasarkan pada nilai pantulan energi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh objek permukaan bumi kemudian energi tersebut direkam oleh sensor. Ada tiga kelompok utama objek permukaan bumi yang dapat dideteksi oleh sensor yaitu: air, tanah, dan vegetasi yang masing-masing memancarkan energi elektromagnetik dengan kemampuan pemetaan citranya tergantung pada karakteristik masing-masing citra satelit. Kanal dan karakteristik inilah yang digunakan oleh penginderaan jauh untuk mengenali objek-objek atau tipe-tipe liputan lahan yang ada di permukaan bumi (Suwargana, 2013).

Pemerintah Kabupaten Sleman bersama Badan Informasi Geospasial (BIG) telah membuat data berisikan informasi penggunaan lahan Kabupaten Sleman yang dikumpulkan melalui proses interpretasi Citra Satelit SPOT tahun 2017 dan Citra Satelit Resolusi Tinggi (CSRT) tahun 2013-2015 yang telah melalui proses orthorektifikasi, serta data sekunder Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:25.000 Tahun 2006 (Dinas Pertanahan dan Tata Ruang Kabupaten Sleman, 2017). Pada penelitian ini, pengklasifikasian penggunaan lahan dilakukan khusus untuk Kecamatan Pakem yang ada di Kabupaten Sleman menggunakan citra satelit Sentinel-2. Sentinel-2 adalah salah satu satelit penginderaan jauh dengan sensor pasif buatan Eropa multispektral yang mempunyai 13 *band*, 4 *band* beresolusi 10 m, 6 *band* beresolusi 20 m, dan 3 *band* beresolusi spasial 60 m dengan area sapuan 290 km. Resolusi spasial yang terbilang tinggi, cakupan spektrum yang luas merupakan langkah maju yang besar dibandingkan dengan multispektral lainnya. Tujuan dari Sentinel-2 adalah menyajikan data untuk kepentingan *monitoring* lahan, dan merupakan data dasar untuk penggunaan pada beragam aplikasi, mulai dari pertanian sampai perhutanan, dari *monitoring* lingkungan sampai dengan perencanaan perkotaan, deteksi perubahan tutupan lahan, penggunaan lahan, pemetaan risiko bencana serta beragam aplikasi lainnya (Kawamuna dkk., 2017).

Metode Penelitian

Lokasi yang menjadi objek penelitian ini adalah Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian ini menggunakan metode interpretasi citra Sentinel-2, pengamatan lapangan, dan perbandingan hasil interpretasi citra dengan hasil pengamatan lapangan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebuah citra Sentinel-2 dengan yang diakuisi oleh satelit Sentinel-2 pada tanggal 25 Januari 2020 yang dimana pada tanggal akuisi citra tersebut Kecamatan Pakem tidak tertutup awan sama sekali. Adapun diagram alir tahapan pelaksanaan penelitian sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Citra yang akan diklasifikasikan terlebih dahulu melalui proses koreksi radiometrik menggunakan metode DOS1 (*Dark of Subtraction*) yang bertujuan untuk menghilangkan efek atmosfer dan menghasilkan nilai ToA (*Top of Atmosphere*) Reflectance sehingga proses ini dapat meningkatkan interpretabilitas dan penggunaan gambar secara signifikan. Agar citra yang akan digunakan menampilkan *natural color* atau menampilkan keadaan seperti penglihatan manusia,

diperlukan proses komposit *band* menggunakan *band* 4, *band* 3, dan *band* 2. Hasil komposit citra tersebut kemudian melalui proses koreksi geometrik untuk meminimalisir distorsi dan menghasilkan citra dengan ketelitian geometris yang lebih baik. Untuk proses pengklasifikasian lahan yang lebih terfokus pada area Kecamatan Pakem, citra di-*crop* menggunakan *shapefile* batas daerah Kecamatan Pakem. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) sebagai berikut:

a. Perangkat keras (*hardware*)

1. Laptop Lenovo dengan spesifikasi Intel® Pentium™ CPU987 @1.80 GHz (2 CPUs), ~1.5 GHz RAM 4.00 GB Hardisk 465.64 GB
2. *Smartphone* Vivo 1802 dengan spesifikasi Quad Core 2.0 GHz, RAM 4.00 GB

b. Perangkat lunak (*software*)

1. QGIS 3.8.2
2. Google Earth Pro
3. Microsoft Word 2013

Dalam penelitian ini, teknik klasifikasi yang digunakan adalah kombinasi metode klasifikasi visual dan digital secara terbimbing (*supervised classification*) menggunakan algoritma *maximum likelihood*. Klasifikasi lahan secara visual menggunakan penglihatan dan pengalaman manusia terhadap pola-pola lahan pada citra sebagai *training area*. Terdapat lima kelas klasifikasi lahan yang dibuat, yaitu hutan, kebun, bangunan, sawah, dan lahan terbuka. Hasil klasifikasi visual tersebut digunakan untuk proses klasifikasi digital menggunakan bantuan komputer dan algoritma *maximum likelihood*, sehingga seluruh citra dapat terklasifikasi. Hasil klasifikasi visual dan digital tersebut selanjutnya dilakukan pengujian ketelitian interpretasi citra melalui pengamatan lapangan dan pencocokkan 300 titik sampel tutupan lahan yang terklasifikasi dari hasil interpretasi citra (*training sample*) dengan keadaan sesungguhnya di lapangan. Teknik analisis ketelitian interpretasi peta yang digunakan adalah analisis perhitungan ketelitian berdasarkan perhitungan matriks konfusi dan perhitungan nilai kappa menggunakan data yang diperoleh dari

pengamatan lapangan. Melalui pengujian ketelitian peta ini dapat diperoleh tingkat akurasi peta hasil interpretasi citra Sentinel-2.

Hasil dan Pembahasan

Citra Sentinel-2 yang akan digunakan melalui proses *pre-processing* koreksi radiometrik dan koreksi geometrik. Energi yang direkam oleh sensor satelit dapat berbeda dari energi yang dipancarkan atau dipantulkan dari permukaan di darat. Ini disebabkan oleh azimuth matahari dan ketinggian serta kondisi atmosfer yang dapat mempengaruhi energi yang diamati oleh sensor. Oleh karena itu, untuk mendapatkan nilai *reflectance ground* yang sebenarnya, kesalahan radiometrik perlu dilakukan. Dalam penelitian ini, metode koreksi radiometrik yang digunakan adalah metode DOS1 (*Dark of Subtraction*). Menurut Zhang dkk. (2010), metode ini mengasumsikan beberapa piksel dalam citra mengandung objek gelap atau bayangan dari hamburan atmosfer (*path radiance*) yang pancarannya diterima di satelit. Nilai *digital number* yang lebih besar dari satu harus diasumsikan sebagai piksel yang mengandung hamburan atmosfer. DOS1 mengoreksi efek *path radiance*, radiansi matahari dan sudut zenith matahari. Hubungan antara nilai radiansi satelit dan reflektansi dalam metode DOS1 sebagai berikut.

$$\rho = \frac{\pi(L_{sat} - L_p)d^2}{E_0 \cos(\theta_z)}$$

ρ adalah nilai reflektansi permukaan tanah, L_{sat} adalah nilai radiansi satelit, L_p adalah *path radiance*, d adalah jarak antara bumi dan matahari dalam satuan astronomi, E_0 adalah radiasi matahari spektral *exoatmosphere*, dan θ_z adalah sudut zenith matahari.

Koreksi geometrik dilakukan karena saat sensor melakukan perekaman data di permukaan bumi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas citra baik dari wahananya sendiri atau di luar wahana, kelengkungan bumi, dan efek medan (*relief displacement*). Oleh karena itu, citra memerlukan perbaikan distorsi geometrik citra terhadap kondisi sebenarnya di lapangan. Koreksi geometrik yang dilakukan yaitu menggunakan suatu persamaan transformasi berdasarkan titik kontrol tanah atau

Ground Control Point (GCP) dengan melakukan rektifikasi citra ke peta prinsip rektifikasi citra ke peta bahwa peta yang digunakan sebagai acuan memiliki sistem proyeksi dan koordinat yang lebih dapat dipercaya atau lebih dianggap benar daripada citra (Wulansari, 2017). Menurut Dji (2015), rektifikasi adalah suatu proses yang mentransformasikan geometri atau unsur-unsur citra digital sedemikian rupa, sehingga setiap piksel citra memiliki posisi di dalam sistem koordinat dunia nyata. Pada koreksi geometrik dilakukan pula proses *resampling* menggunakan metode *Nearest Neighbour* karena teknik komputasi metode ini sederhana dan efisien. Selain itu, metode *resampling* ini mengambil nilai keabuan piksel hasil akhir dari nilai keabuan piksel asli terdekatnya, sehingga tidak ada data citra yang hilang dan keadaan citra hasil *resampling* tetap sama seperti keadaan sesungguhnya di lapangan.

Metode transformasi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode transformasi polinomial karena penggunaan transformasi polinomial dalam koreksi geometrik menghasilkan tingkat akurasi paling tinggi dibandingkan metode transformasi lainnya. Penulis mencoba melakukan koreksi geometri menggunakan 10 titik koordinat tanah beserta tiga jenis metode transformasi polinomial, yaitu polinomial orde 1, polinomial orde 2, dan polinomial orde 3. Nilai RMSE yang dihasilkan dari transformasi polinomial orde 1 sebesar 0.282988, transformasi polinomial orde 2 sebesar 0.29717, dan transformasi polinomial orde 3 sebesar 0.275397. Prayuda (2014) menerangkan bahwa nilai RMSE yang dihasilkan agar tidak lebih dari 0.5 karena semakin besar nilai RMSE maka semakin besar pergeseran jarak citra (distorsi) atau perbedaan posisi GCP pada citra dengan posisi di lapangan. Pergeseran jarak citra (d) dapat diperoleh dari persamaan $d = \text{RMSE}^2 \times \text{Resolusi Spasial}$. Besar pergeseran jarak yang diperoleh dari koreksi geometri yang telah dilakukan ditampilkan sebagai berikut.

Tabel 1. Tabel Hubungan antara Metode Transformasi dengan Pergeseran Jarak

Metode Transformasi	Pergeseran Jarak (m)
Polinomial Orde 1	1.2097
Polinomial Orde 2	1.3247
Polinomial Orde 3	1.3

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa nilai pergeseran jarak terkecil dihasilkan dari koreksi geometrik metode transformasi polinomial orde 3, maka transformasi polinomial orde 3 merupakan metode transformasi yang terbaik untuk melakukan koreksi geometrik dan semakin kecil nilai RMSE maka semakin tinggi akurasi citra.

Teknik klasifikasi lahan yang digunakan adalah klasifikasi terbimbing atau *supervised classification*. Klasifikasi terbimbing dalam penginderaan jauh adalah klasifikasi digital dimana pengkelasan pola-pola penutup penggunaan lahan pada citra didasarkan masukan dari operator. Untuk itu, analisis terlebih dahulu dilakukan untuk menetapkan beberapa *training area* (daerah contoh kelas tutupan penggunaan lahan) pada citra penginderaan jauh. Data *training area* berupa hasil digitasi dari data lapangan dan atau dari citra penginderaan jauh yang resolusi spasialnya lebih tinggi sehingga objek kelas penutup penggunaan lahan dapat terlihat jelas (Kushardono, 2017).

Objek kelas tutupan lahan yang ditentukan dalam penelitian ini ada tujuh, yaitu hutan, kebun, sawah, bangunan, pasir silika, badan air, dan lahan terbuka. Adapun definisi dari masing-masing kelas klasifikasi lahan sebagai berikut.

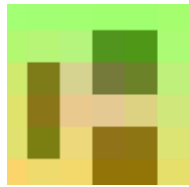
1. Hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan (Pemerintah Indonesia, 1999).

2. Kebun adalah lahan yang diusahakan untuk kebun dan tanaman perkebunan, baik dikelola perorangan, perusahaan swasta, PERUM maupun BUMN (Badan Informasi Geospasial, 2016).
3. Sawah adalah areal pertanian yang digenangi air atau diberi air baik dengan teknologi pengairan, tadah hujan, lebak atau pasang surut yang dicirikan oleh pola pematang, dengan ditanami jenis tanaman pangan berumur pendek (padi) (Badan Standarisasi Nasional, 2010).
4. Bangunan merupakan area yang telah mengalami substitusi penutup lahan alami ataupun semi alami dengan penutup lahan buatan yang biasanya bersifat kedap air dan relatif permanen (Badan Standarisasi Nasional, 2010).
5. Lahan terbuka merupakan lahan tanpa tutupan baik yang bersifat alami, semi alami maupun artifisial (Badan Standarisasi Nasional, 2010).

Adapun teknik klasifikasi ini berbasis piksel menggunakan algoritma *maximum likelihood*. Klasifikasi *supervised maximum likelihood* merupakan klasifikasi yang menggunakan *training sampel* untuk masing-masing objek penutup lahan. Klasifikasi *maximum likelihood* adalah klasifikasi sistem dimana piksel yang tidak diketahui kelasnya akan dialokasikan untuk piksel kelas dengan probabilitas tertinggi pada suatu *training area*. Keuntungan dari metode ini memberikan indeks kepastian yang terkait dengan masing-masing piksel yang dipilih dan *training area*. Namun, klasifikasi *maximum likelihood* tidak selalu bisa menangani gambar rumit kemudian beberapa piksel tidak bisa diklasifikasikan dengan benar (Kushardono, 2017).

Klasifikasi berbasis piksel merupakan teknik klasifikasi citra yang dilakukan dengan mengambil informasi spektral citra dimana tiap piksel penyusun citra dikuantifikasi menjadi digital number (DN). Klasifikasi berbasis piksel seringkali memberikan hasil yang masih mengandung efek *salt and pepper* (Maksum dkk., 2016). *Noise* ini disebabkan variasi respons spektral yang berbeda jauh dengan respons spektral yang ada disekitarnya sehingga perubahan gradien nilai menjadi ekstrim atau memiliki heterogenitas spektral yang tinggi, sehingga menimbulkan

kesalahan dalam melakukan deteksi tepi (Chen & Lien, 2008. dalam Putra dkk., 2015). Oleh karena itu, efek ini dapat mempengaruhi hasil klasifikasi dan mengurangi akurasi pemetaan penggunaan lahan. Efek *salt and papper* tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Contoh Efek *Salt & Papper*

Untuk mengetahui hasil yang akurat perlu dilakukan proses validasi dan verifikasi kualitas dengan melakukan serangkaian pengamatan lapangan dan pengujian menggunakan metode matriks konfusi dan koefisien nilai kappa. Kegiatan pengamatan lapangan untuk memperoleh data lapangan yang akan dicocokkan dengan data hasil klasifikasi citra atau *training sample*, mencari informasi apakah terdapat perbedaan penggunaan lahan antara citra yang digunakan dengan kondisi lapangan, dan pengolahan data dalam uji akurasi peta. Penentuan titik-titik sampel yang digunakan untuk pengamatan lapangan menggunakan pendekatan *stratified random sampling*, titik sampel ditentukan secara acak pada setiap strata dan diusahakan terdistribusi secara merata di seluruh daerah penelitian. Antara *training sample* yang digunakan untuk uji akurasi bukanlah sampel yang memiliki lokasi sama dengan *training area*, tetapi sampel uji akurasi diambil di tempat yang berbeda, hal ini agar lebih diterima keakuratannya citra (Wulansari, 2017).

Uji akurasi citra klasifikasi lahan diukur dengan menggunakan metode matriks konfusi (*confusion matrix*), yaitu merupakan tabel perbandingan kelas-kelas aktual dari *test data* dengan kelas-kelas hasil klasifikasi. Melalui metode *confusion matrix* dapat diperoleh indikator-indikator akurasi dan kesalahan pada hasil klasifikasi. Menurut Aronoff (1989), tingkat akurasi hasil klasifikasi lahan

berdasarkan nilai *overall accuracy* (akurasi keseluruhan) dalam matriks konfusi minimal sebesar 85%. Persamaan untuk menghitung *overall accuracy* sebagai berikut.

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\text{Jumlah lahan yang terkoreksi dengan benar}}{\text{Jumlah lahan keseluruhan}}$$

Indikator lain untuk mengukur akurasi hasil klasifikasi adalah dengan koefisien kappa, yang merupakan perbandingan nilai akurasi keseluruhan dengan akurasi yang diharapkan (*expected accuracy*). Nilai koefisien kappa adalah berkisar 0.1 hingga 1.0, dimana nilainya makin mendekati 1 artinya citra kelas hasil klasifikasi semakin identik atau semakin akurat klasifikasinya (Kushardono, 2017). Perhitungan nilai akurasi menggunakan Nilai koefisien kappa lebih dianjurkan karena pengukuran akurasi berdasarkan nilai *overall accuracy* secara umum masih *over estimate*. Nilai kappa dapat diperoleh dari persamaan berikut.

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum x_{ii} x_{i+}}$$

Keterangan:

- K : nilai kappa
- r : jumlah baris dalam matrik konfusi
- x_{ii} : jumlah piksel dalam baris i dan kolom i
- x_{i+} : total piksel dalam baris i
- x_{+i} : total piksel dalam kolom i
- N : total piksel dalam contoh

Miranda dkk. (2014) mengkategorikan kualitas akurasi hasil klasifikasi berdasarkan nilai kappa seperti yang terlihat pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Tabel Akurasi Peta

Nilai Kappa	Akurasi
<0.2	Buruk
0.21 - 0.40	Cukup
0.41 - 0.60	Menengah
0.61 - 0.80	Baik
0.81 - 1.00	Sangat baik

Hasil uji akurasi klasifikasi lahan pada citra Sentinel-2 Kecamatan Pakem menunjukkan nilai *overall accuracy* sebesar 92% dan nilai koefisien kappa sebesar 0.9157, sehingga citra satelit yang digunakan memenuhi syarat untuk menjadi peta klasifikasi lahan dengan akurasi yang sangat baik.

Tabel 3. Tabel Matriks Konfusi

Hasil Klasifikasi	Kondisi Lapangan					Kesalahan Komisi	Kesalahan Omisi	Akurasi Produser	Akurasi Pengguna
	Hutan	Kebun	Bangunan	Sawah	Lahan Terbuka				
Hutan	60	0	0	0	0	0%	4.76%	92.31%	100%
Kebun	2	49	1	4	4	25%	11.76%	96.08%	81.67%
Bangunan	1	0	52	1	6	15%	5.56%	96.3%	86.67%
Sawah	1	2	0	57	0	10%	10%	91.94%	95%
Lahan Terbuka	1	0	1	0	58	10%	25%	85.29%	96.67%

Diagonal utama dari matriks konfusi di atas merupakan piksel yang terklasifikasi dalam kategori tutupan lahan yang benar atau sesuai dengan keadaan di lapangan, sedangkan semua elemen non-diagonal dari matriks mewakili kesalahan omisi atau komisi. Kesalahan komisi merupakan kesalahan suatu piksel lahan yang terklasifikasi atau masuk ke dalam suatu kelas yang bukan sebenarnya, sedangkan kesalahan omisi merupakan kesalahan suatu piksel lahan yang tidak terklasifikasi atau masuk ke dalam kelas yang sebenarnya. Dari matriks konfusi dapat diketahui pula nilai akurasi produser dan akurasi pengguna. Menurut Hafizt dkk. (2017), akurasi produser (*producer's accuracy*) menunjukkan tingkat kebenaran objek

lapangan yang terpetakan melalui klasifikasi citra, sedangkan akurasi pengguna (*user's accuracy*) menunjukkan kemungkinan suatu objek di lapangan yang terklasifikasi secara benar di peta.

Menurut Nuarsa (2000), akurasi produser menggambarkan ketepatan kisaran dalam pengambilan *training area* yang diambil untuk mewakili kelas lahan tertentu. Bila kisaran lahan terlalu sempit atau nilai spektral citra yang mewakili suatu kategori kelas lahan tidak diambil atau tidak terlalu sedikit, maka akan menimbulkan adanya kesalahan omisi yang berarti sejumlah piksel yang semestinya termasuk kelas tersebut tidak terjangkau oleh kisaran nilai spektral yang dipakai sebagai *training area*. Sebaliknya, jika kisaran *training area* terlalu melebar atau terlalu banyak, maka menyebabkan adanya kesalahan komisi yang menyebabkan masuknya piksel dari lahan lain yang bukan sebenarnya.

Ada 300 *training sample* dengan pengambilan 60 titik sampel dari masing-masing kelas hasil klasifikasi tutupan lahan. Tingkat kesalahan komisi tertinggi berada pada kelas lahan kebun sebesar 25%. Artinya, ada 25% piksel citra satelit yang seharusnya tidak terklasifikasi sebagai kebun, namun terklasifikasi sebagai kebun, yaitu lahan hutan, bangunan, sawah, dan lahan terbuka. Nilai kesalahan komisi terendah berada pada kelas lahan hutan dengan nilai 0% yang menunjukkan pula bahwa tidak adanya kesalahan dalam pengambilan *training area* pada citra untuk mengklasifikasikan lahan hutan.

Untuk kesalahan omisi tertinggi ditunjukkan pada kelas lahan terbuka dengan nilai sebesar 25%. Artinya, ada 25% piksel lahan terbuka yang tidak terklasifikasi dengan benar sebagai lahan terbuka dan terklasifikasi sebagai kelas lahan lainnya, yaitu lahan kebun dan bangunan. *Training area* untuk lahan hutan dan bangunan yang diambil tidak terlalu melebar, sehingga nilai kesalahan omisi yang dihasilkan merupakan nilai yang relatif kecil.

Tingkat akurasi produser atau *producer's accuracy* tertinggi ada pada kelas lahan bangunan dengan nilai 96,3%, sedangkan tingkat akurasi terendahnya bernilai 85,29% ada pada kelas lahan terbuka. Artinya, 96,3% piksel lahan bangunan dan

85,29% piksel lahan terbuka dari citra satelit teridentifikasi sesuai dengan keadaan lapangan berturut-turut sebagai bangunan dan lahan terbuka.

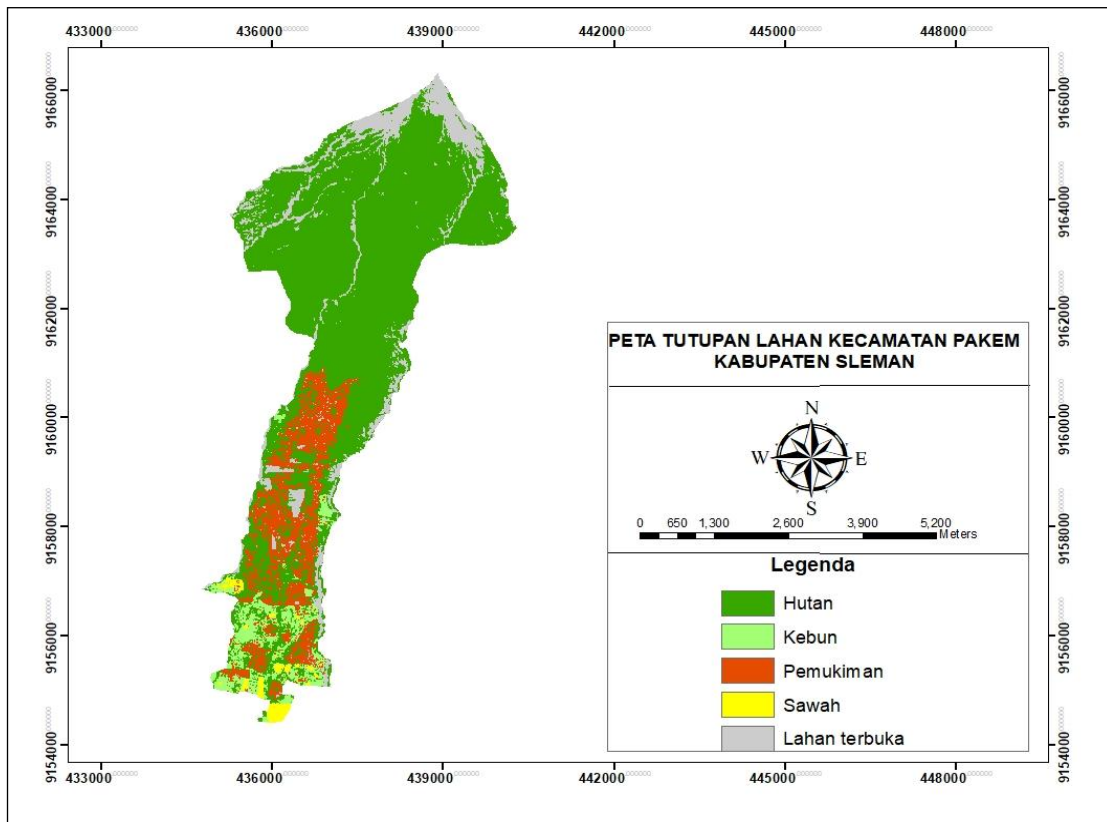
Untuk tingkat akurasi pengguna atau *user's accuracy* tertinggi dengan nilai 100% ada pada kelas lahan hutan, sedangkan tingkat akurasi terendahnya dengan nilai 81,67% pada kelas lahan kebun. Artinya, 100% lahan hutan di lapangan dan 81,67% lahan kebun terklasifikasi dengan benar pada citra satelit berturut-turut sebagai hutan dan lahan kebun. Adapun luas dan persentase masing-masing tutupan lahan disajikan dalam tabel 4 berikut.

Ukuran objek piksel di lapangan yang dapat mengalami *over segmentation* atau *under segmentation* akan berpengaruh besar dalam pendefinisian objek sebagai kelas tutupan lahan dan akurasi peta. Segmentasi yang menghasilkan ukuran piksel melebihi objek di lapangan sebenarnya akan menyebabkan *over segmentation* dan meningkatkan kesalahan komisi, sedangkan segmentasi yang menghasilkan ukuran piksel melebihi objek di lapangan yang kurang dari ukuran objek pada citra akan menyebabkan *under segmentation* dan meningkatkan kesalahan omisi. Objek citra yang mengalami *over segmentation* atau *under segmentation* (Maksum, 2016 dalam Derajat dkk., 2020).

Segmentasi citra yang mengalami *under segmentation* berpeluang lebih besar kelas tutupan lahan tidak terklasifikasi dengan benar. Objek di lapangan yang berukuran kecil dapat bergabung dengan objek lainnya sehingga dalam satu objek terdiri dari dua kelas tutupan lahan atau lebih menyebabkan algoritma klasifikasi menganggap satu objek tersebut menjadi satu kelas tutupan lahan. Sementara citra yang mengalami *over segmentation* juga dapat menyebabkan kesalahan klasifikasi karena objek yang terlalu banyak dapat menyebabkan klasifikasi menjadi kompleks namun objek-objek yang berukuran kecil dapat terklasifikasi dan masih berpeluang dapat terklasifikasi dengan benar. Oleh karena itu, ukuran piksel objek citra dari hasil segmentasi nantinya akan berpengaruh pada hasil klasifikasi tutupan lahan (Maksum, 2016 dalam Derajat dkk., 2020).

Tabel 4. Tabel Luas Tutupan Lahan

Tutupan Lahan	Luas (Ha)	Persentase (%)
Hutan	1721,4075	68,97
Kebun	130,1625	5,21
Bangunan	327,0375	13,10
Sawah	33,6825	1,35
Lahan Terbuka	283,725	11,27
Total	2496,015	100



Gambar 3. Peta Klasifikasi Lahan Kecamatan Pakem

Tabel 4 menunjukkan kelas tutupan lahan paling luas merupakan hutan dengan luas 1721,41 ha dan luas tutupan lahan paling sedikit, yaitu sawah seluas 33,68 ha. Pada

kenampakkan peta menunjukkan bahwa tutupan lahan hutan yang paling luas berada di bagian utara Kecamatan Pakem sekitaran Gunung Merapi, sedangkan tutupan lahan di bagian selatan Kecamatan Pakem paling luas merupakan kawasan bangunan. Menurut Anonim (2014), hutan di sekitar Gunung Merapi telah ditetapkan sebagai kawasan hutan lindung Taman Nasional Gunung Merapi, sehingga kawasan hutan ini tidak boleh digunakan secara sembarangan serta membutuhkan izin yang rumit untuk dapat memanfaatkannya. Kawasan yang berada di bawahnya diperbolehkan untuk menjadi kawasan budidaya menyesuaikan dengan kondisi lahan, yaitu bangunan seluas 327,04 ha, kebun seluas 130,16 ha, dan sawah seluas 33,68 ha. Dengan demikian, pemanfaatan lahan tidak sampai merusak bentang alam yang ada.

Hasil klasifikasi lahan tersebut dapat digunakan sebagai sistem pemantauan kawasan mana yang paling banyak dilanggar, berapa luasnya, dan dimana posisi geografisnya. Bila operasi pemantauan ini dilakukan secara temporal maka fungsi pemantauan akan berjalan lebih efektif, mengingat laju perkembangan pelanggaran pemanfaatan ruang dapat dilihat secara jelas sehingga memudahkan para *decision maker* untuk mengambil keputusan langkah-langkah penanganan yang terkait penentuan kebijakan pengelolaan tataruang oleh Pemerintah Kabupaten Sleman bersama Kecamatan Pakem (Agung, 2009).

Pengambilan kebijakan pengelolaan tataruang oleh Pemerintah Kabupaten Sleman dan Kecamatan Pakem tersebut penting karena berdasarkan penelitian Subkhi & Mardiansjah (2019), perkembangan dan pertumbuhan pesat kawasan perkotaan kabupaten di Kabupaten Sleman mendapatkan tekanan (urbanisasi) terus-menerus sehingga kawasan perkotaan kabupaten terus meluas dan bertambah. Kondisi tersebut dapat dilihat pada perkembangan pesat pada kecamatan-kecamatan yang berbatasan langsung dengan Kota Yogyakarta maupun satu kecamatan setelahnya, bahkan perkembangannya telah menjangkau lapis kecamatan kedua, salah satunya adalah Kecamatan Pakem. Hal ini memperlihatkan bahwa Kabupaten Sleman termasuk kabupaten cepat tumbuh. Kawasan perkotaannya tumbuh berdasarkan kepada

perkembangan dari desa-desa perkotaannya di Kabupaten Sleman bagian utara, salah satunya Kecamatan Pakem.

Oleh karena itu, Kecamatan Pakem termasuk salah satu wilayah *urban-fringe* atau peri-urban. *Urban-fringe* atau daerah peri-urban yang merupakan wilayah irisan antar kota, desa dan area dengan pertumbuhan yang relatif cepat (Krismata dkk., 2015). Pada citra Kecamatan Pakem ini dapat diketahui bahwa tutupan lahan produktif kawasan hutan menempati urutan teratas sebagai yang paling luas serta sawah dan kebun yang masing-masing menempati urutan kedua dan ketiga. Menurut Ir. Widi Sutikno M.Si. & Supriyanto SP, pertanian secara luas baik di bidang perikanan, peternakan, pertanian maupun perkebunan di wilayah Kecamatan Pakem mempunyai potensi merata karena kondisi geografis wilayah Pakem yang subur serta didukung kondisi iklim di dataran tinggi yang menunjang untuk mengembangkan pertanian, seperti produk hortikultura (salak, sayuran, buah semusim, dan tanaman hias), peternakan (sapi perah, kambing PE, dan kelinci), serta pelaksanaan tani terpadu dengan mina padi (Media Center Sembada, 2016). Selain itu, Kecamatan Pakem memiliki berbagai tempat wisata alam maupun buatan, seperti Museum Gunung Merapi, Tlogo Putri Kaliurang, Tlogo Muncar Kaliurang, Agrowisata Bhumi Merapi, dan lain-lain. Menurut Derajat dkk. (2020), potensi-potensi tersebut dapat dimanfaatkan oleh para wirausahawan untuk mendirikan perusahaan-perusahaan yang memanfaatkan komoditas hasil pertanian atau bahkan melakukan pemanfaatan lebih lanjut sebagai tempat wisata yang senantiasa ramai pengunjung dengan mendirikan industri perhotelan dan tempat rumah makan.

Menurut Derajat dkk., (2020), hal tersebut menghasilkan suatu kondisi yang menguntungkan secara ekonomi bagi pemerintah dan masyarakat setempat. Namun, apabila suatu daerah didatangi banyak pendatang maka beban tanggungan pemerintah pun semakin meningkat. Jika pembangunan sarana-prasarana dan infrastruktur tidak siap untuk melayani masyarakat lokal dan para wisatawan, maka daerah pangandaran akan mengalami kondisi yang tidak teratur dan tidak nyaman. Oleh karena itu, kesadaran dari tiap-tiap *stakeholder* yang berkepentingan dengan Kecamatan Pakem

harus menyiapkan berbagai perencanaan untuk menghindari dampak-dampak negatif yang dapat terjadi dibalik potensi besar Kecamatan Pakem ini.

Oleh sebab itu, Kecamatan Pakem sangat berpotensi mengalami perubahan bentuk pemanfaatan lahan yang dampaknya bisa berupa hilangnya lahan pertanian, adanya gejala komersialisasi lahan pertanian, sampai menurunnya produksi dan produktivitas pertanian (Yunus, 2008 dalam Dewi & Rudiarto, 2013). Namun perlu diingat bahwa pemilikan lahan tidak hanya penting untuk pertanian saja melainkan juga bagi penentuan berbagai kebutuhan lain dalam kehidupan bermasyarakat, termasuk di dalamnya untuk keperluan-keperluan kawasan industri dan pabrik maupun dipakai sebagai pemukiman. Penguasaan dan pemilikan lahan pertanian sering dikatakan sebagai masalah yang rumit. Dimana menyangkut berbagai aspek seperti ekonomi, demografi, hukum, politik, dan sosial. Bahkan kerumitan itu akan bertambah dengan keterkaitkannya dengan aspek-aspek teknis seperti agronomi, ekologi, dan lain sebagainya (Siswomartono & Habibie, 2009). Padahal lahan pertanian selain mempunyai nilai ekonomi sebagai penyangga kebutuhan pangan, juga berfungsi ekologi seperti mengatur tata air, penyerapan karbon di udara dan sebagainya (Hariyanto, 2010 dalam Dewi & Rudiarto, 2013).

Konsolidasi tanah merupakan salah satu instrumen penting untuk mengendalikan mekanisme pasar dalam kaitannya dengan upaya pemanfaatan tanah secara optimal, seimbang dan lestari dengan meningkatkan efisiensi pemanfaatan tanah. Konsolidasi tanah dapat didefinisikan sebagai suatu model penataan lingkungan yang dari tidak teratur menjadi teratur dan dilengkapi dengan prasarana dan fasilitas umum yang dibutuhkan, sedangkan prinsipnya dipergunakan secara swadaya oleh masyarakat pemilik tanah sendiri. Dalam penerapannya terdapat dua aspek penting yang menjadi sasaran utama konsolidasi tanah yaitu (1) penataan fisik atas penggunaan serta (2) pemanfaatan tanah dan penataan terhadap penguasaan dan pemilikan tanah. Kedua aspek tersebut tidak dapat dipisahkan satu dengan yang lainnya (Siswomartono & Habibie, 2009).

Sehubungan dengan isu di atas, Pearce *and* Turner (1990) dalam Iqbal & Sumaryanto (2016) merekomendasikan tiga pendekatan secara bersamaan dalam kasus pengendalian alih fungsi lahan pertanian, yaitu melalui: (1) *regulation*; (2) *acquisition and management*; dan (3) *incentive and charge*. Uraian singkat dari ketiga pendekatan tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Regulation*. Melalui pendekatan ini pengambil kebijakan perlu menetapkan sejumlah aturan dalam pemanfaatan lahan yang ada. Berdasarkan berbagai pertimbangan teknis, ekonomis, dan sosial, pengambil kebijakan bisa melakukan pewilayahan (*zoning*) terhadap lahan yang ada serta kemungkinan bagi proses alih fungsi. Selain itu, perlu mekanisme perizinan yang jelas dan transparan dengan melibatkan semua pemangku kepentingan yang ada dalam proses alih fungsi lahan.
2. *Acquisition and Management*. Melalui pendekatan ini pihak terkait perlu menyempurnakan sistem dan aturan jual beli lahan serta penyempurnaan pola penguasaan lahan (*land tenure system*) yang ada guna mendukung upaya ke arah mempertahankan keberadaan lahan pertanian.
3. *Incentive and Charges*. Pemberian subsidi kepada para petani yang dapat meningkatkan kualitas lahan yang mereka miliki, serta penerapan pajak yang menarik bagi yang mempertahankan keberadaan lahan pertanian, merupakan bentuk pendekatan lain yang disarankan dalam upaya pencegahan alih fungsi lahan pertanian. Selain itu, pengembangan prasarana yang ada lebih diarahkan untuk mendukung pengembangan kegiatan budidaya pertanian berikut usaha ikutannya.

Mengingat selama ini penerapan perundang-undangan dan peraturan pengendalian alih fungsi lahan kurang berjalan efektif serta berpijak pada acuan pendekatan pengendalian sebagaimana dikemukakan di atas, maka perlu diwujudkan suatu kebijakan alternatif. Kebijakan alternatif tersebut diharapkan mampu memecahkan kebuntuan pengendalian alih fungsi lahan sebelumnya. Adapun komponennya antara lain instrumen hukum dan ekonomi, zonasi, dan inisiatif masyarakat (Iqbal & Sumaryanto, 2016).

Instrumen hukum meliputi penerapan perundang-undangan dan peraturan yang mengatur mekanisme alih fungsi lahan. Sementara itu, instrumen ekonomi mencakup insentif, disinsentif, dan kompensasi. Kebijakan pemberian insentif diberikan kepada pihak-pihak yang mempertahankan lahan dari alih fungsi. Pola pemberian insentif ini antara lain dalam bentuk keringanan pajak bumi dan bangunan (PBB) serta kemudahan sarana produksi pertanian (Isa, 2006 dalam Iqbal & Sumaryanto, 2016). Sebaliknya, disinsentif diberikan kepada pihak-pihak yang melakukan alih fungsi lahan yang implementasinya berlawanan dengan perundang-undangan dan peraturan yang berlaku. Sementara itu, kompensasi ditujukan untuk pihak-pihak yang dirugikan akibat alih fungsi lahan untuk kegiatan pembangunan, atau yang mencegah terjadinya alih fungsi demi kelestarian lahan sebagai sumber produksi pertanian (pangan). Dengan kata lain, penerapan instrumen-instrumen tersebut berkaitan dengan pemberian penghargaan dan sanksi pelanggaran (*reward and punishment*) (Iqbal & Sumaryanto, 2016).

Kebijakan zonasi berhubungan dengan ketatalaksanaan tata ruang wilayah melalui pengelompokan (*cluster*) lahan menjadi tiga kategori zona pengendalian, yaitu lahan yang dilindungi (tidak boleh dialihfungsikan), alih fungsi terbatas, dan boleh dialihfungsikan. Zonasi diatur berdasarkan kriteria klasifikasi irigasi, intensitas tanam, dan produktivitas lahan sawah. Kriteria irigasi dibedakan atas lahan sawah beririgasi dan nonirigasi. Kriteria intensitas tanam adalah satu hingga dua kali tanam per tahun, sedangkan kriteria produktivitas yaitu di bawah 4,5 ton/ ha/panen (BPN Sulsel, 2006 dalam Iqbal & Sumaryanto, 2016).

Optimalisasi pemanfaatan sumberdaya lahan yang ada melalui peningkatan produktivitas, dan pengembangan inovasi teknologi yang lebih mengutamakan kelestarian sumberdaya alam dan lingkungan. Selain itu, perlu adanya diversifikasi pertanian dan percepatan pengembangan potensi genetik dan teknologi produksi tanaman bioenergi non-pangan (Hidayat, 2009).

Kegiatan pembangunan selain menghasilkan manfaat juga membawa risiko (dampak negatif) terhadap lingkungan. Manfaat dan risiko tersebut harus

diperhitungkan secara seimbang. Dampak negatif harus dapat ditekan menjadi minimal atau jika mungkin dihilangkan sama sekali, sedangkan manfaat harus ditingkatkan agar kegiatan pembangunan berdampak optimal terhadap lingkungan bio-fisik, sosial dan ekonomi. Kegiatan pembangunan yang berpotensi menimbulkan dampak terhadap degradasi lahan antara lain kegiatan deforestasi, industri, dan perumahan. Apabila kegiatan tersebut tidak dikelola dengan baik, maka akan mengakibatkan terjadinya degradasi lahan pertanian yang mengancam keberlanjutan usaha tani dan ketahanan pangan. Oleh karenanya, implementasi suatu rencana kegiatan pembangunan harus dipikirkan keberlanjutannya dimasa mendatang (BBSDLP, 2010 dalam Hidayat, 2009).

Kesimpulan

Citra satelit Sentinel-2 dapat digunakan untuk mengklasifikasikan tujuh kelas tutupan lahan, yaitu hutan, kebun, sawah, bangunan, pasir silika, badan air, dan lahan terbuka. Adapun luas masing-masing kelas klasifikasi lahan tersebut, yaitu lahan hutan seluas 1721,41 ha, lahan kebun seluas 130,16 ha, lahan bangunan seluas 327,04 ha, lahan sawah sebesar 33,68 ha, dan lahan terbuka sebesar 283,74 ha. Hasil uji akurasi klasifikasi menghasilkan nilai *overall accuracy* sebesar 92% dan nilai koefisien kappa sebesar 0.9157, sehingga hasil klasifikasi citra satelit Sentinel-2 dapat digunakan sebagai peta klasifikasi lahan dengan akurasi yang sangat baik. Hasil klasifikasi lahan dapat digunakan untuk analisis spasial dalam perencanaan tata ruang wilayah.

Daftar Pustaka

- Agung, P. (2009). Kontribusi Penginderaan Jauh untuk Pengembangan Sistem Pemantauan Pemanfaatan Ruang pada Rencana Tata Ruang Wilayah. *Majalah Geografi Indonesia*, 23(1). <https://doi.org/10.22146/mgi.13328>.
- Anonim. (Maret, 2017). Tata Regulasi Pemetaan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sleman. <http://www.rumahjogjaindonesia.com/isi-majalah/tata-regulasi-pemetaan-rencana-tata-ruang-wilayah-kabupaten-sleman.html>.

- Aronoff, S. (1989). *Geographic Information System: A Management Perspective*. Ottawa: WDL Publication.
- Badan Informasi Geospasial. (2016). Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 3 Tahun 2016 tentang Spesifikasi Tekniks Penyajian Peta Desa. Cibinong: Penulis. <https://jdih.big.go.id/hukumjdih/3445764>.
- Badan Standarisasi Nasional. (2010). *Klasifikasi Penutup Lahan SNI Nomor 7645:2010*. Jakarta: Penulis. <https://www.big.go.id/assets/download/sni/SNI/15.%20SNI%207645-2010%20Klasifikasi%20penutup%20lahan.pdf>.
- Derajat, R.M dkk. (2020). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) di Kecamatan Pangandaran. *Samudra Geografi*, 3(1), 1-10. <https://ejurnalunsam.id/index.php/jsg/article/view/1985>.
- Dewi, N. K., & Rudiarto, I. (2013). Identifikasi Alih Fungsi Lahan Pertanian dan Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat Daerah Pinggiran di Kecamatan Gunungpati Kota Semarang. *Wilayah dan Lingkungan*, 1(2), 175-188.
- Dinas Pertanahan dan Tata Ruang Kabupaten Sleman. (2017). *Penggunaan Lahan Kabupaten Sleman*. Yogyakarta: Penulis. http://geoportal.slemankab.go.id/layers/geonode:_3404_50kb_ar_penggunaan_lahan_sleman_dptra_2017.
- Dji, F.N.G. (2015). *Kajian Penelitian Koreksi Geometrik Orthorektifikasi dan Rektifikasi Citra IKONOS (Studi Kasus Kawasan Perkotaan Waingapu. Sumba-Timur) (Thesis dissertation*, Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia). <http://eprints.itn.ac.id/1418/1/Jurnal.pdf>.
- Hafizt, M., Iswari M.Y., & Prayudha, B. (2017). Kajian Metode Klasifikasi Citra Landsat-8 untuk Pemetaan Habitat Bentik di Kepulauan Padaido, Papua. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 2(1), 7. <http://dx.doi.org/10.14203/oldi.2017.v2i1.69>.
- Hidayat, A. (2009). Sumberdaya Lahan Indonesia: Potensi, Permasalahan, dan Strategi Pemanfaatan. *Sumberdaya Lahan*, 3(2), 107-117. <https://media.neliti.com/media/publications/133835-ID-none.pdf>.
- Iqbal, M. & Sumaryanto. (2016.) Strategi Pengendalian Alih Fungsi Lahan Pertanian Bertumpu pada Partisipasi Masyarakat. *Analisis Kebijakan Pertanian*, (5)2, 167-182. <http://dx.doi.org/10.21082/akp.v5n2.2007.167-182>.
- Kawamuna, A., Suprayogi A., & Wijaya A.P. (2017). Analisis Kesehatan Hutan Mangrove Berdasarkan Metode Klasifikasi NDVI pada Citra Sentinel-2 (Studi Kasus : Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi. *Geodesi Undip*, 6(1), 279. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/15439/1493>.
- Khosyiah, Munisyah dkk. (2017). Interpretasi Citra Quickbird untuk Identifikasi Penggunaan Lahan di Desa Karangtengah Kecamatan Sragen Kabupaten Sragen (p. 259). Surakarta, Indonesia: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- https://publikasiilmiah.ums.ac.id/xmlui/bitstream/handle/11617/9126/geotik2017_31.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Krismasta, V., Rogi, O.H.A., & Tilaar, S. (2015). Kajian Transformasi Wilayah Peri-Urban di Kota Manado (Studi Kasus : Kecamatan Mapanget). *SPASIAL: Perencanaan Wilayah dan Kota*, 2(1), 1. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/spasial/article/view/8260>.
- Kushardono, D. (2017). *Klasifikasi Digital pada Penginderaan Jauh*. Bogor: PT Penerbit IPB Press.
- Lillesand, T.M. & Kiefer, R.W. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation* (7th ed.). New York: Wiley.
- Lubis, M.Z. dkk. (2017). Penerapan Teknologi Penginderaan Jauh di Bidang Pesisir dan Lautan. *Oseana*, 43(3), 57. http://oseanografi.lipi.go.id/dokumen/os_xlii_3_2017-6.pdf.
- Maksum Z.U., Prasetyo Y., & Haniah. (2016). Perbandingan Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Metode Klasifikasi Berbasis Objek dan Klasifikasi Berbasis Piksel pada Citra Resolusi Tinggi dan Menengah. *Geodesi Undip*, (5)2, 103-104. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/11526/1118>.
- Manan, A. (2018, Agustus 29). Potensi Pasir Silika untuk Mengurangi Senyawa Detergen dalam Air. <http://fpk.unair.ac.id/potensi-pasir-silika-untuk-mengurangi-senyawa-detergen-dalam-air/>.
- Media Center Sembada. (2016, Mei 31). Potensi Pertanian Wilayah Pakem Merata. <https://mediacenter.slemankab.go.id/potensi-pertanian-wilayah-pakem-merata/>.
- Miranda, E., Mutiara A.B., Emastuti, & Wibowo, W.C. (2018). Classification of Land Cover from Sentinel-2 Imagery Using Supervised Classification Technique (Preliminary study) (p. 74). Jakarta, Indonesia: Bina Nusantara University. <https://doi.org/10.1109/ICIMTech.2018.8528122>.
- Nuarsa, I.W. (2000). Uji Ketelitian Analisis Digital Landsat TM untuk Penggunaan Lahan. *Agritrop*, 1(19), 35.
- Pearsall, J. & Hanks, P. (1998). *The New Oxford Dictionary of English*. Oxford: Clarendon Press.
- Pemerintah Indonesia. (1999). Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan. Jakarta: Sekretariat Negara. <https://jdih.esdm.go.id/storage/document/uu-41-1999.pdf>.
- Prayuda, B. (2014). Panduan Teknis Pemetaan Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal. Jakarta: COREMAP-CTI. http://coremap.oseanografi.lipi.go.id/downloads/gis_1435730309.pdf.
- Putra, I.M.A.W., Susanto, A., Soesanti, I. (2015). Ekstraksi Garis Pantai Pada Citra Satelit Landsat dengan Metode Segmentasi dan Deteksi Tepi. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika*, 4(3), 118. <https://doi.org/10.23887/janapati.v4i3.9791>.

- Siswomartono, H., & Habibie, A. (2011). Kebijakan Alokasi Penggunaan Sumber Daya Lahan Secara Berkeadilan Dalam Reformasi Pembangunan Pertanian. *Litbang Departemen Pertanian RI*.
- Wulansari, H. (2017). Uji Akurasi Klasifikasi Penggunaan Lahan dengan Menggunakan Metode Defuzzifikasi Maximum Likelihood Berbasis Citra ALOS AVNIR-2. *Bhumi*, 3(1), 101 & 103. <https://doi.org/10.31292/jb.v3i1.233>.
- Zhang, Z., He, G., & Wang, X. (2010). A Practical DOS Model-Based Atmospheric Correction Algorithm. *International Journal of Remote Sensing*, 31(11), 2837–2852. <https://doi.org/10.1080/01431160903124682>.