

## APLIKASI CITRA SENTINEL-2 UNTUK PEMETAAN TUTUPAN DAN PERUNTUKAN LAHAN PADA TINGKAT DESA

Marga Mandala<sup>1</sup>, Indarto Indarto\*<sup>1</sup>, Fery Febrian Arifin<sup>2</sup>, Farid Lukman Hakim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Keris P-LSO (Pengembangan Lahan Sub-Optimal), Universitas Jember

<sup>2</sup>PS Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember  
Jalan Kalimantan No 37, Kampus Bumi Tegalboto, Krajan Timur, Kecamatan Sumpalsari,  
Kabupaten Jember, Jawa Timur, 68121, Indonesia  
e-mail: indarto.ftp@unej.ac.id

Diterima: 05 Februari 2020, Direvisi: 18 Juni 2020, Disetujui: 22 Juni 2020

### Abstrak

*Sentinel-2 menjanjikan citra yang gratis, pada ketelitian spasial sedang dan ketelitian spektral tinggi. Data citra ini mungkin dapat digunakan sebagai dasar pemetaan tutupan lahan (land cover) dan pruntukan lahan (land use) sampai dengan level Desa. Artikel ini bertujuan untuk membandingkan dan mengevaluasi peta tematik yang dihasilkan dari: (1) Klasifikasi dari citra Sentinel-2A, (b) digitasi manual dari Google Earth Image, (c) dan peta RBI (Rupa Bumi Indonesia). Citra Sentinel-2A, citra google earth dan peta RBI digital digunakan sebagai input utama. Pengolahan citra Sentinel-2A mencakup: atmosferic correction, image composite, klasifikasi terbimbing, koleksi training area, dan uji-akurasi. Selanjutnya, ke tiga jenis peta tematik yang dihasilkan digunakan untuk membandingkan luasan per jenis tutupan lahan yang dipetakan dan interpretasi perubahan peruntukan lahan yang terjadi. Selanjutnya, wilayah empat desa digunakan sebagai sampel pengukuran. Penelitian menghasilkan peta tematik tutupan dan peruntukan lahan pada level Desa. Perbandingan peta tematik menunjukkan bahwa citra Sentinel mampu untuk menangkap fitur tutupan lahan yang utama (yaitu: Lahan-sub-optimal kering, lahan irigasi, lahan non-irigasi, area terbangun, hutan-perkebunan, dan badan air) pada level desa. Lebih lanjut peta yang dihasilkan dari citra Sentinel dapat digunakan untuk memperbaharui, perencanaan dan evaluasi kegiatan pembangunan di Desa.*

**Kata Kunci:** Sentinel-2A, Pemetaan, Tutupan Lahan, peruntukan lahan, desa.

### Abstract

*Sentinel-2 provide a free of cost imagery in medium spatial and high spectral resolutions. These data promise a rapid, low-cost and easy to apply imagery for the end-user. These free data may produce a rationale thematic land cover and land use (LCLU) map at the village level. This paper aims to compare and to evaluate the thematics maps created by (a) Sentinel-2, (b) digitalisation from Google Earth and (c) RBI (Rupa Bumi Indonesia) Digital Map. Sentinel-2 image, google earth image, and RBI digital map used as the primary input. The treatment of sentinel 2A imagery consists of atmospheric correction, image composite, supervised classification, collecting training areas, and accuracy assessment. The three types of maps use to compare area extent mapped for each type of land cover (LC), and the interpretation of land-use change occurred. Four villages used as samples of measurement. The research produces thematic LCLU maps at the village level. Comparison of maps shows that Sentinel capable of capturing major LC (i.e., Dry-marginal land, non-irrigated area, irrigated area, pavement areas, forest - plantation, and water*

*body) at the village level. Moreover, Sentinel-2A produce more detail of land cover type. Finally, the maps derived from Sentinel data provide data for up-dating, planning and evaluation of village development.*

**Keywords :** *Sentinel-2A, mapping, land cover, land use, village.*

## PENDAHULUAN

Pada tulisan ini definisi tutupan lahan atau *Land cover (LC)* dan peruntukan lahan atau *Land use (LU)* mengacu pada publikasi oleh EUROSTAT (2001) sebagai berikut : tutupan lahan (LC) menyatakan deskripsi fisik dari suatu ruang di permukaan bumi kita dan dengan deskripsi ini memungkinkan berbagai macam kategori sifat bio-fisik dapat dibedakan. Pengamatan tutupan lahan dapat dilakukan melalui berbagai metode, mencakup: pengamatan langsung, fotografi udara dan sensor satelit.

Peruntukan lahan atau *land use (LU)* mengacu pada dimensi fungsi dari suatu luasan terkait dengan tujuan ekonomi (misal: luasan untuk pemukiman, industri, pusat komersial, pertanian atau hutan, tempat rekreasi atau konservasi alam (EUROSTAT, 2001). Selanjutnya, (Parece and Campbell, 2015) mengadopsi definisi yang sama dan menyatakan bahwa pada prakteknya istilah tutupan-lahan (*LC*) dan peruntukan-lahan (*LU*) dapat saling dipertukarkan. Citra satelit menawarkan alternatif solusi untuk berbagai masalah terkait dengan perubahan *LCLU* dan dampaknya terhadap masyarakat dan lingkungan.

Ketersediaan data citra yang gratis dengan ketelitian spasial sedang dan ketelitian spektral tinggi, seperti citra satelit Sentinel-2, menawarkan metode pemetaan yang cepat, murah dan mudah untuk diterapkan. Peta tematik yang dihasilkan dari citra Sentinel-2 dapat menyediakan informasi yang lebih terbaharui. Informasi tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar perencanaan dan aplikasi peta lainnya.

Sentinel-2 merupakan salah satu satelit penginderaan jauh dengan sensor pasif. Sentinel-2 memiliki 13-band spektral

yaitu band 2,3,4 dan 8 dengan ketelitian spasial 10 m, band 5,6,7, 8a, 11 dan 12 mempunyai ketelitian spasial 20 m dan band 1, 9, dan 10 memiliki ketelitian spasial 60 m (Esa, 2013). Citra sentinel-2 banyak digunakan untuk identifikasi dan analisis permasalahan terkait dengan lingkungan, perencanaan perkotaan, deteksi perubahan tutupan lahan, pemetaan resiko bencana dan beragam aplikasi lainnya (Clerici, Valbuena Calderón & Posada, 2017; Tavares *et al.*, 2019; Lopes *et al.*, 2020).

Peta tematik *LCLU* dapat dihasilkan dari peta konvensional yang ada atau diturunkan melalui citra satelit. Ke dua jenis peta tersebut dapat digunakan untuk mempelajari *LCLU* dan perubahannya, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh (Eremiasova & Skokanova 2009) dan (Ptak & Ławniczak, 2012).

Selanjutnya Lambin *et al.* (2001); Martínez & Mollicone (2012); Efrogmson *et al.* (2016); dan Song *et al.* (2018) memberi contoh bagaimana eksplorasi lebih lanjut hubungan sebab-akibat antara perubahan *LCLU* dan kosenkuensinya terhadap masyarakat dan lingkungan. Pada kasus yang lain, beberapa penelitian mencoba mengintegrasikan berbagai macam data citra melalui teknik fusi citra (*image fusion*) untuk mempelajari fenomena *LCLU* dengan lebih komprehensif ( Moran, 2010; Li, Lu, Moran, Dutra, & Batistella, 2012; Wężyk, Hawryło, Szostak, Pierzchalski, & Kok, 2016; Tavares *et al.*, 2019).

Penggunaan citra Sentinel-2A untuk interpretasi *LCLU*, perubahan dan konsekuensinya telah menjadi subjek penelitian yang cukup populer pada 5 tahun terakhir. Beberapa contoh aplikasi citra Sentinel-2A untuk identifikasi dan pemetaan pada bidang terkait dengan

pertanian, misalnya dijumpai dalam tulisan (Rujoiu-Mare *et al.*, 2017; Tavares *et al.*, 2019 ; Abdi, 2019). Penelitian tersebut menunjukkan potensi aplikasi citra sentinel-2A untuk pemetaan LCLU dan fenomena terkait.

Interval waktu pemotretan dengan frekuensi yang cukup tinggi, yang ditawarkan oleh Landsat-8 (Operational Land Imager) dan citra Sentinel 2A atau 2B MSI (*Multi Spektral imaging*) memberikan peluang baru untuk memetakan dan mengidentifikasi karakteristik dinamika perubahan permukaan bumi kita dari waktu ke waktu dengan mengkombinasikan ke dua citra tersebut (Bolton *et al.*, 2020). Memetakan menggunakan citra satelit pada prinsipnya adalah mengklasifikasikan piksel menjadi sekelompok piksel berdasarkan logika tertentu, sehingga objek atau fitur yang ada di alam dapat digambarkan semirip mungkin. Hal ini dapat dilakukan dengan berbagai metode, misalnya: klasifikasi, segmentasi, *machine-learning* atau algoritma yang lain.

Metode klasifikasi sudah sangat umum digunakan. Khorram *et al.*, (2013) menyatakan bahwa kebanyakan metode klasifikasi citra didasarkan pada "*hard-logic*", menggunakan baik informasi spektral dan pola temporal-spasial. Klasifikasi berbasis "*hard-logic*" ini secara umum dibedakan menjadi dua, yaitu klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dan klasifikasi tidak terbimbing (*un-supervised classification*).

Secara prinsip ke dua jenis teknik klasifikasi tersebut dapat menggunakan berbagai macam algoritma yang ada. Pada klasifikasi terbimbing, titik kritis metode ada pada jenis dan jumlah training area yang digunakan untuk proses klasifikasi. Kombinasi kanal yang dipilih juga akan menentukan hasil klasifikasi (Richards, 2013).

Klasifikasi tidak terbimbing dapat menggunakan berbagai algoritma pengelompokan (*clustering-algorithm*). Klasifikasi tidak terbimbing menggabungkan piksel hanya berdasarkan

kemiripan karakteristik piksel dan dilambangkan oleh nilai digital (DN value)(Richards, 2013). Lebih lanjut, Khorram *et al.* (2013) menyatakan bahwa algoritma yang paling umum digunakan pada proses klasifikasi terbimbing adalah *Maximum Likelihood Classification (MLC)*.

Ketelitian hasil klasifikasi dapat diukur dengan berbagai metode (Foody, 2002, 2004). Metode yang paling umum digunakan untuk mengukur ketelitian hasil klasifikasi adalah matrik kesalahan atau *confusion-matrix* (Foody, 2004). Konsep matrik kesalahan umumnya telah ditulis pada buku teks tentang penginderaan jauh (Lillesand, Kiefer & Chipman, 2008; Campbell & Wynne, 2011).

Ada perbedaan tingkat penerimaan dari hasil matrik kesalahan. USGS, (2019) menyatakan minimal 85% tingkat kesalahan cukup untuk menyatakan hasil klasifikasi yang baik. Sementara, LAPAN (2015) mensyaratkan tingkat ketelitian lebih dari 75% untuk menyatakan bahwa hasil klasifikasi memadai. Selanjutnya Foody (2008) merekomendasikan tingkat ketelitian  $89\% \pm 5\%$  interval konfidensi untuk menyatakan hasil klasifikasi yang baik.

Di Indonesia, sumber utama untuk interpretasi LCLU pada wilayah pedesaan adalah Peta Rupa bumi Indonesia (RBI). Peta ini dapat didownload secara gratis untuk semua wilayah NKRI, melalui laman resmi portal BIG. Peta RBI dapat didownload dalam format raster (\*.Jpeg) dari hasil scan lembar peta atau dalam format shapefile (\*.shp) (format vektor)(BIG, 2019).

Pada kebanyakan wilayah pedesaan di Indonesia, peta RBI yang tersedia adalah peta RBI produksi tahun 1999 sd 2001. Artinya peta RBI yang ada menggambarkan tutupan dan peruntukan lahan wilayah pada sekitar tahun 2000 (atau 20 tahun yang lalu). Dan pada kebanyakan wilayah peta RBI yang ada masih belum terbaharui. Tetapi pada kenyataannya, peta RBI juga masih digunakan sebagai dasar kajian dan

interpretasi (Riadi & Makmuriyanto, 2014; Susetyo, 2015).

Pada beberapa kasus peta RBI masih dapat dan layak digunakan. Pada kasus dimana fenomena yang akan dibahas adalah masalah terkait kekinian, peta detail perkotaan, maka peta RBI perlu diperbaharui dengan interpretasi citra satelit yang memiliki ketelitian spasial tinggi, hasil survei, foto udara atau drone (Hakim, Riqqi & Harto, 2014; Riadi & Rachma, 2017; Sudarman, Sadikin & Prijatna, 2020).

Salah satu cara sederhana membuat peta adalah dengan digitasi manual dari peta Google Earth. Namun demikian, proses digitasi manual tidak disarankan untuk wilayah yang luas, karena beresiko pada banyak-nya kesalahan digitasi yang mungkin dilakukan, disamping proses lebih lama, hasil kurang teliti dan biaya mahal. Alternatif lain adalah menggunakan Citra satelit resolusi tinggi, *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* atau drone. Drone sangat bagus untuk digunakan pada wilayah yang relatif sempit dan membutuhkan ketelitian yang cukup tinggi. Namun demikian, penggunaan citra resolusi tinggi dan drone untuk pemetaan wilayah yang luas, akan membutuhkan banyak biaya, proses rendering, penggabungan (*mozaick*) dan interpretasi menjadi lebih lama, dan membutuhkan teknologi hardware dan software dengan kapasitas memadai.

Ketersediaan data citra Sentinel yang gratis dan mencakup setiap wilayah di permukaan bumi kita, menjanjikan alternatif solusi bagi proses pemetaan yang cukup akurat, biaya murah, dan mudah diterapkan.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menghasilkan peta tematik *LCLU* dari interpretasi Sentinel, (2) membandingkan peta tematik yang dihasilkan dari interpretasi citra sentinel, digitasi manual dan peta RBI, (3) menginterpretasikan peta tutupan dan peruntukan lahan pada level desa. Desa merupakan wilayah administrasi paling kecil. Perencanaan wilayah, perubahan *LCLU* dan aspek

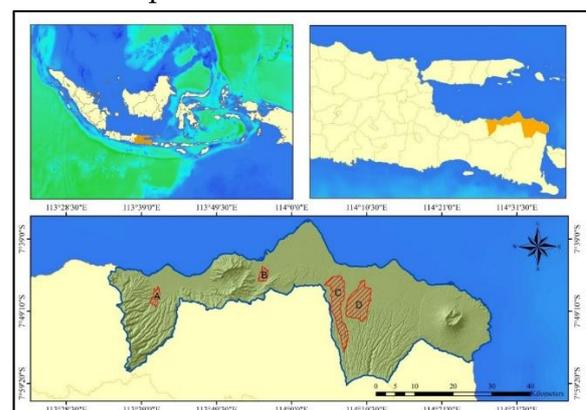
pembangunan lainnya dimulai dari level Desa, sehingga pemetaan status dan perubahan *LCLU* pada level desa sangat penting untuk dilakukan. Apa jenis *LCLU* utama pada level desa yang dapat dideteksi melalui Sentinel? Apakah hasil pemetaan rasional dan dapat dibandingkan dengan RBI, dan dengan digitasi manual.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Kabupaten Situbondo (Gambar 1) terletak di bagian timur wilayah Jawa Timur memiliki luas wilayah total = 1651,33 km<sup>2</sup>. Jumlah penduduk per Kabupaten = 691622 orang. Kepadatan populasi = 422 per km<sup>2</sup> dan pertumbuhan penduduk tahunan dihitung selama periode 2018-2019 is 0,46 (%) (BPS, 2019).

Wilayah kabupaten situbondo relatif kering dibanding wilayah lain di Jawa Timur. Hujan tahunan rerata berkisar antara 500 sd 1500 mm/tahun. Umumnya di Jawa timur hujan tahunan berkisar antara 1000 sd 3500 mm/tahun. Bulan kering ( hujan < 100mm/bln) , lamanya antara 7 sd 9 bulan per tahun. Penelitian ini dilaksanakan antara bulan Maret sampai November 2019.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

### Alat dan Bahan

1. Perangkat lunak *multispec Versi 9* (Landgrebe, 2005) digunakan untuk klasifikasi dan interpretasi citra sentinel-2A.

2. Q-GIS 3.2.0 diunduh dari website <https://qgis.org> (QGIS Development Team, 2019) dan digunakan untuk *reclass dan koreksi atmosferik*.
4. GPS digunakan untuk mengambil titik GCP (*Ground check point*) dan *Google earth image* (digunakan untuk melihat kecocokan keadaan yang ada dilapang).
5. Camera untuk mengambil gambar GCp.

**Input Data**

1. Input utama pada penelitian ini adalah citra Sentinel-2A yang mencakup seluas wilayah Kabupaten Situbondo. Citra diunduh dengan kriteria penutupan awan (*cloud coverage*) yang paling minimal. Citra didownload dari web site USGS (USGS, 2019). Karena fokus penelitian ini adalah pemetaan jenis *LCLU* maka citra yang paling baik untuk diunduh adalah citra dengan tutupan awan yang minimal. Dua scene citra dari tanggal 25 bulan Juni 2019 diunduh dan digabung.

Tabel 1. *Raw image metadata*

Cloud cover(%)	Data type	orbit
0,0179	S2A_MSIL1C	Descending
0,1016	S2A_MSIL1C	Descending

Sumber: Pemrosesan Data, 2019

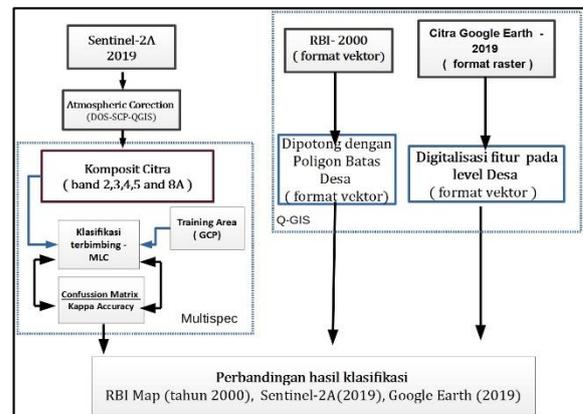
2. Peta RBI diunduh dari laman resmi website BIG (BIG, 2019). Peta RBI skala 1:25000 (skala sedang) diunduh seluas wilayah Kab. Situbondo. Peta RBI selanjutnya di potong seluas wilayah 4 desa sebagai sampel evaluasi.
3. Google Earth image diunduh hanya seluas 4 wilayah desa yang dijadikan sample. Baik RBI maupun google earth image digunakan sebagai pembandingan dalam penelitian ini.

**Prosedur Pemrosesan Data**

Gambar (2) menampilkan prosedur penelitian. Blok kiri merinci urutan langkah pengolahan citra sentinel-2A, yang

mencakup: koreksi atmosferik (*atmospheric correction*), komposit citra, klasifikasi terbimbing, survey lapang, dan *accuracy assessment*.

Koreksi atmosferik menggunakan algo-ritma DOS (*Dark Object Sub-traction*) yang ada pada tool SCP (*semi automatic plugin*) dan mengikuti prosedur yang telah dipublikasi oleh (Congedo, 2016). Koreksi atmosferik dilakukan menggunakan QGIS. Citra Sentinel-2A yang tersedia adalah Level-1C artinya telah terkoreksi secara geometrik. Komposit citra dibuat dengan kombinasi 5 kanal yaitu (kanal 2,3,4,5 dan 8A).



Gambar 2. *Prosedur Pemrosesan Data*

Beberapa kali kegiatan survey lapang dilakukan antar bulan Mei sd November 2019 untuk mengoleksi GCP dan memotret wilayah kajian. Sejumlah 771 GCP dibuat untuk membantu proses klasifikasi terbimbing (Tabel 2).

Tabel 2. *Ringkasan GCP*

LCLU class	Jumlah GCP	Luas ukuran GCP (ha)		
		Total	Min	Mak
Water body	40	553,9	1,23	54,3
Forest-plantation	184	12.366,5	1,78	209
DryMAL	165	4.280,2	1,21	93,5
Non-Irrigated	92	2.169,5	1,40	46,8
Built- up area	140	3.425,6	2,38	56,7
Irrigated paddy field	150	3.222,6	1,14	56,8
<b>Total</b>	<b>771</b>	<b>26.018,3</b>		

Sumber: Pemrosesan Data, 2019

Klasifikasi dilakukan dengan algoritma *maximul likelihood classification (MLC)* (Landgrebe and Biehl, 2011). MLC dijalankan dengan menggunakan lima kanal untuk komposit citra dan 771 GCP. Proses kasifikasi mengikuti prosedur pada tutorial (Landgrebe, 2015).

Selanjutnya digunakan, matrik kesalahan berbasis indeks *overall* dan *kappa accuracy*, untuk menilai kualitas hasil klasifikasi. Kriteria ketelitian menggunakan 89% (Foody, 2008).

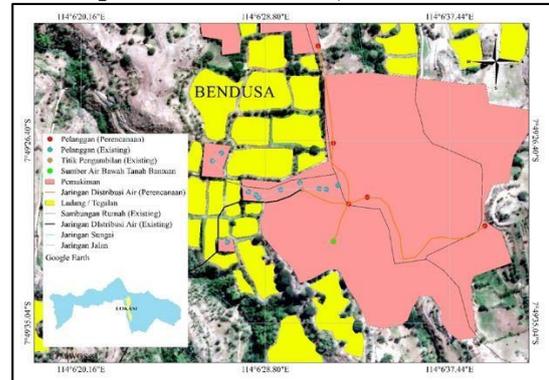
Langkah berikutnya, Empat (4) wilayah Desa digunakan sebagai sampel untuk mengevaluasi hasil klasifikasi, yaitu desa: Jatisari, Sopet, Kendit, dan Jatibanteng. Pemilihan desa berdasarkan lokasi dan karakteristik LCLU yang ada pada tiap desa. Selanjutnya peta tematik hasil klasifikasi dipotong (*clip*) seluas batas Desa untuk dibandingkan dengan peta RBI dan hasil digitasi manual.

Peta RBI yang diunduh dari laman BIG, se batas wilayah kabupaten Situbondo (dalam format vector), selanjutnya dipotong dengan poligon batas desa (Blok tengah dari gambar 2). Hasilnya berupa peta LCLU desa versi RBI tahun 2000, sebagai bahan perbandingan. Proses dilakukan pada software QGIS.

Selanjutnya, pada blok kanan, google earth image diunduh dengan Easy Google Map downloader dan digabung seluas batas Desa. Selanjutnya, citra *Google Earth* (dalam format raster) tersebut, dijadikan sebagai background map-file untuk proses digitalisasi. Hasil digitalisasi adalah peta raster.

Selanjutnya, (1) peta RBI dan (2) peta hasil digitasi manual dari Google Earth digunakan untuk Evaluasi. Peta RBI dipotong (*clip*) sebatas desa Jatisari dan dihitung luas tiap jenis peruntukan lahan. Kemudian, Citra Google Earth di mosaick dan dipotong dengan batas Desa Jatisari. Selanjutnya, dilakukan pembuatan peta LCLU desa secara manual dengan melakukan digitalisasi. Dalam hal ini citra google tidak diolah, tetapi hanya digunakan sebagai back-ground map file untuk melakukan digitalisasi (gambar 3).

Metode ini sudah sangat umum dipraktekkan. Proses digitalisasi dilakukan menggunakan QGIS (QGIS Development Team, 2019).



Gambar 3. Ilustrasi Proses Digitasi

Selanjutnya, evaluasi dilakukan dengan membandingkan jenis fitur yang dapat dipetakan dan prosentase luas. Interpretasi dilakukan dengan membandingkan ke tiga peta tematik *LCLU*, yaitu: (1) dari RBI, (2) hasil klasifikasi terbimbing metode *MLC*, (3) Digitasi dari google earth. Interpretasi juga dilakukan dengan membandingkan kenya-taan yang ada di Lapang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Interpretasi Umum

Klasifikasi terbimbing menggunakan *MLC* menghasilkan indeks *overall* dan *kappa accuracy* = 95,6% dan 93%. Menurut Foody (2008) hasil ini cukup memadai dan memenuhi kriteria standar klasifikasi. Tabel 3 menampilkan perbandingan hasil klasifikasi dengan peta RBI tahun 2000.

Table 3. Perbandingan RBI dan Sentinel

LULC Class	RBI-2000		Sentinel - 2019	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Area terbangun	90	5,45	174	10,53
LSO-kering	859	52,0	439,1	26,6
Lahan irigasi	207	12,5	170,9	10,35
Lahan non-irigasi	109	6,6	33,4	2,02
Hutan-perkebunan	363,3	22,0	821,7	49,8
Badan air	23,0	1,39	12,18	0,74
Total	1651,3	100	1651,3	100

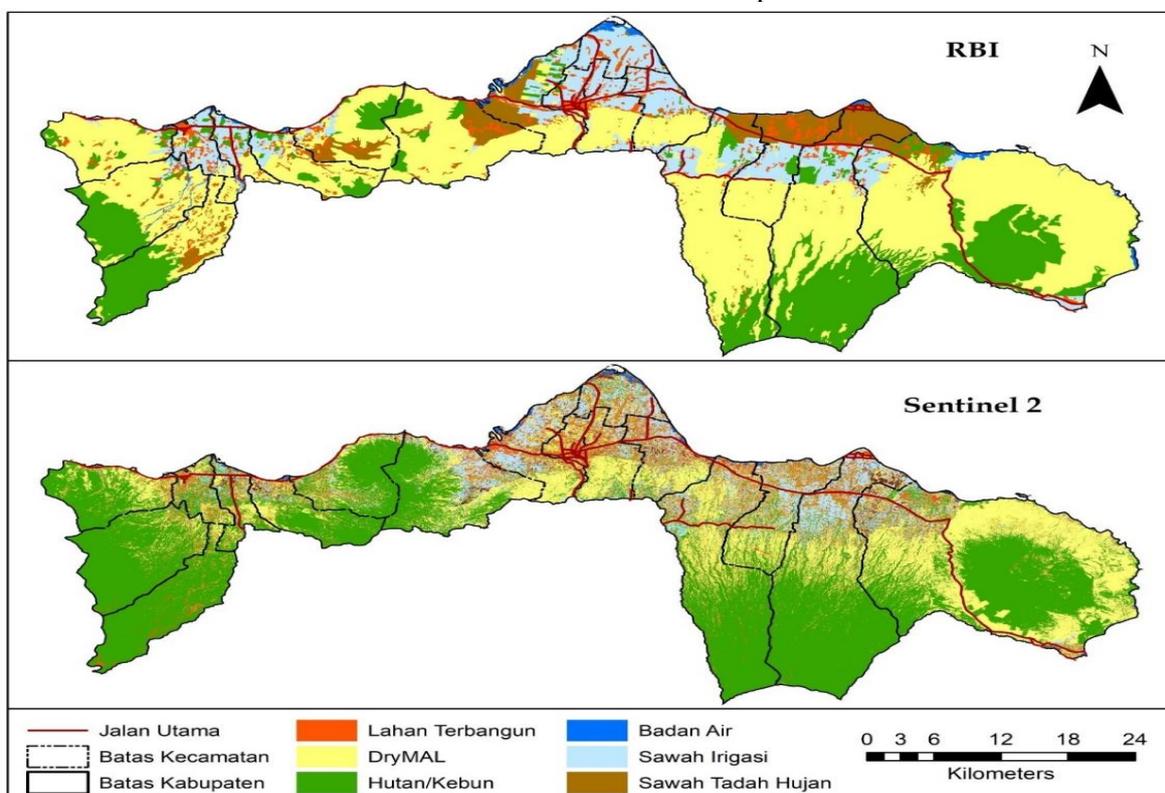
Sumber: Pengolahan Data, 2019

Gambar (4) menampilkan peta hasil klasifikasi Sentinel dibandingkan dengan peta RBI. RBI dibuat pada tahun 2000-an, sementara sentinel berdasarkan citra tahun 2019. Perubahan LCLU dapat diamati dengan membandingkan 3 kelas, yaitu: LSO-kering, kebun-hutan, dan lahan non-irigasi. Asal dari ke tiga kelas ini pada hakekatnya sama yaitu Lahan Sub-optimal kering (LSO-Kering). Definisi LSO-kering merujuk pada publikasi (Mulyani & Sarwani, (2013) ; Mulyani, Priyono & Agus, (2013).

Luas total ke tiga kelas pada RBI =  $(859 + 109 + 363,3) = 1331,3 \text{ km}^2 = 80,62\%$  dari total luas wilayah Situbondo. Sedangkan pada citra Sentinel luas total =  $439,1 + 33,4 + 821,7 = 1294,2 \text{ km}^2 = 78,37\%$ . Hal ini menunjukkan telah terjadi perubahan peruntukan lahan (LU) dari LSO-kering menjadi peruntukan lainnya. LSO-kering berkurang karena dimanfaatkan untuk peruntukan lainnya, menjadi hutan dan sebagian besar LSO-Kering telah dimanfaatkan untuk kebun, pemukiman dan sawah atau ladang.

Peruntukan lahan untuk area terbangun (berupa pemukiman warga, infrastruktur jalan, kawasan pertokoan, dll) telah meningkat secara signifikan selama dua dekade. Pada peta RBI (tahun 2000) luas total area terbangun =  $90 \text{ km}^2$ , hanya mencakup 5,45% dari luas total wilayah Kabupaten Situbondo. Pada tahun 2019 (sentinel), area terbangun sudah mencapai =  $174 \text{ km}^2 = 10,53\%$  luas total wilayah. Jadi dari tahun 2000 sd 2019 telah terjadi peningkatan luas pemukiman di Kabupaten Situbondo menjadi 2x lipat.

Perubahan terjadi dan dapat disebabkan karena urbanisasi dan peningkatan jumlah penduduk di wilayah perkotaan Situbondo. Misalnya terjadi di kecamatan Besuki, Bungatan, Panarukan, Mangaran, Situbondo, Panji, Kapongan, Jangkar, Arjasa dan Asembagus. Umumnya wilayah kecamatan yang berada di sepanjang Pantai utara Jawa. Perkembangan industri dan lokasi wisata di sepanjang pantai Situbondo juga meningkatkan konversi lahan ke pemukiman dan fasilitas perkotaan terkait.

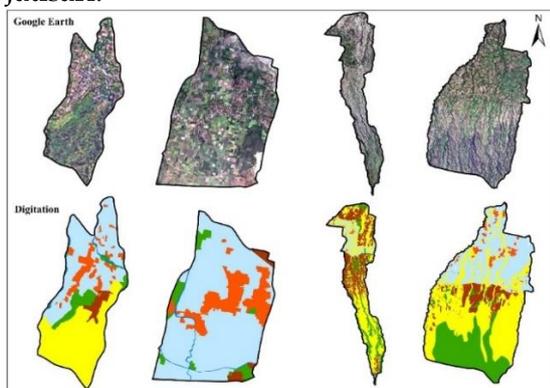


Gambar 4. Perbandingan hasil klasifikasi dengan peta RBI.

Konversi lahan sawah dan tegalan menjadi pemukiman (lahan terbangun) juga terjadi. Fenomena ini teramati pada wilayah perkotaan (bagian tengah dari Peta), di kecamatan Mangaran, Situbondo, Panarukan, Panji, dan Kapongan. Lahan Irigasi di wilayah tersebut telah terkonversi sebagian menjadi area-terbangun untuk pemukiman atau fasilitas kota lainnya (infrastruktur jalan, mall, dll). Lahan irigasi pada peta RBI tampak sebagai blok-luasan berwarna biru-muda, dan telah berubah menjadi lahan campuran yang terdiri dari pemukiman dan lahan sawah (terlihat pada peta hasil klasifikasi Sentinel).

### Peta Hasil Digitalisasi

Gambar (5) menampilkan perbandingan antara citra Google Earth dan hasil digitalisasi pada ke empat (4) desa sampel. Ketelitian proses digitalisasi sangat tergantung pada konsistensi dan ketelitian operator dalam melakukan digitasi. Terlihat bahwa hasil digitalisasi yang baik dan paling detail adalah desa Jatisari.



Gambar 5. Peta Hasil Digitasi

Luas wilayah ke empat desa juga berbeda, yaitu : Jatibanteng (6.78 km<sup>2</sup>), Kendit (6.45 km<sup>2</sup>), Jatisari (45.97 km<sup>2</sup>), and Sopot (43.51 km<sup>2</sup>).

Pada wilayah desa Jatibanteng, Kendit dan Sopot relatif hanya fitur utama yang didigitasi. Artinya, seharusnya pada penelitian ini, peta hasil digitasi dari Google Earth dapat menjadi acuan utama, tetapi faktor operator dapat

menyebabkan hasil digitasi atau perhitungan luas menjadi kurang tepat, sehingga digitasi menjadi pertimbangan dalam interpretasi tetapi tidak dapat menjadi tolok ukur utama.

### Interpretasi LCLU Desa Jatisari

Tabel (4) menampilkan perbandingan LCLU di desa Jatisari (45.97 km<sup>2</sup>). Luasan yang sama dipetakan dengan cara yang berbeda akan menghasilkan detail yang berbeda.

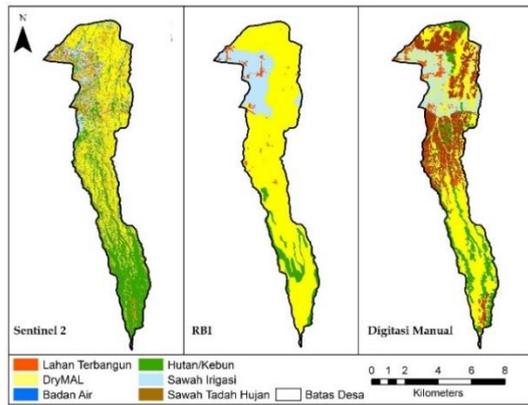
Table 4. Perbandingan LCLU Jatisari

Kelas LCLU	RBI-2000		Google Earth - 2019		Sentinel 2A-2019	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Area terbangun	1,03	2,24	1,79	3,90	1,83	3,99
LSO-kering	34,9	76,0	23,3	50,6	23,7	51,6
Lahan irigasi	6,57	14,3	6,89	15,0	4,65	10,1
Lahan non-irigasi	0,00	0,00	8,12	17,7	0,49	1,08
Hutan-kebun	3,42	7,44	5,83	12,6	15,3	33,2
Badan air	0,00	0,00	0,05	0,12	0,00	0,01
Luas total	45,9	100	45,9	100	45,9	100

Sumber: Pengolahan Data, 2019

Area terbangun yang pada tahun 2000 hanya seluas 1,03 km<sup>2</sup> atau (2,24%) dari luas Desa Jatisari. Pada tahun 2019 telah berkembang menjadi hampir 2x lipat (1,83 km<sup>2</sup>) atau (±3,90%) pada tahun 2019. Hasil klasifikasi relatif identik dengan hasil digitasi manual. Perbedaan hanya sekitar = 1.83 - 1.79 = 0.04 km<sup>2</sup>.

Kemiripan hasil juga terlihat untuk kelas LSO-kering. Sentinel dapat memisahkan dengan jelas pemukiman dan LSO. Proses digitasi sawah irigasi lebih luas dari yang seharusnya, karena mungkin ada lahan non-irigasi yang dianggap sebagai lahan irigasi. Pada citra Google Earth kenampakan ke dua-nya hampir mirip. Lahan irigasi pada wilayah Jatisari relatif tidak bertambah, sejak dibangun-nya Jaringan Irigasi. Daerah irigasi (warna biru muda) hanya ada diujung sebelah kiri atas dari peta RBI (Gambar 6).



Gambar 6. LCLU Desa Jatisari

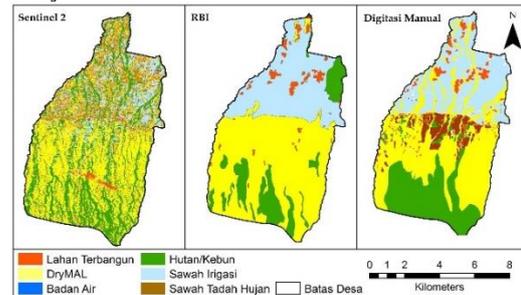
Pada proses digitasi, karena dilakukan secara manual, maka lahan non-irigasi dapat dipisahkan dari Kebun. Proses digitasi mengidentifikasi kebun mangga warga dengan baik. Dimana area berpohon dianggap kebun, sedangkan area kosong didigit lahan non-irigasi. Pada Sentinel tutupan lahan (LC) dipisahkan menjadi 2, area yang tidak bervegetasi dimasukan sebagai LSO (ladang/tegalan) dan area berpohon (termasuk tanah kosong di sekitar kebun atau tanaman) diklasifikasikan sebagai hutan-kebum. Dalam hal ini, sentinel melihat hutan dan kebun sama sebagai kelas tanaman tahunan. Pohon besar yang hijau sepanjang tahun. Sementara, RBI mengidentifikasi lahan berbasis land use (fungsi kebun dan fungsi hutan).

Lahan irigasi yang pada peta RBI digambarkan sebagai blok-area (*Land-use*) berwarna biru muda, telah berubah karena sebagian dikonversi untuk pemukiman warga. Sehingga, tampak di peta Sentinel sebagai campuran warna biru-merah-kuning yang menunjukkan kondisi tutupan lahan (LC) yang lebih terfragmentasi berupa campuran antara pemukiman vegetasi dan lahan irigasi.

### LCLU Desa Sopot

Peruntukan lahan (LU) di peta RBI terbagi ke dalam : area-terbangun, lahan-irigasi, LSO-kering, hutan dan perkebunan (gambar 7). Saluran irigasi Sampeanbaru melintas dari Barat ke Timur dan membagi wilayah Sopot menjadi dua bagian yang

kontras (Gambar 7). Di bawah saluran adalah lahan irigasi. Pada peta RBI, lahan irigasi berupa blok-area berwarna biru-muda, mencakup  $\pm 30\%$  wilayah desa dan terletak di sebelah utara saluran. Sebagian lahan irigasi telah terkonversi menjadi pemukiman. Di atas saluran adalah LSO-kering, perkebunan dan hutan mencakup seluas  $\pm 30 \text{ km}^2$  atau  $67,7\%$  dari total wilayah desa.



Gambar 7. LCLU Desa Sopot

Proses digitasi dilakukan dengan mengikuti fitur utama dari google earth sehingga hasilnya menyerupai RBI. Sentinel dapat mengklasifikasikan kondisi *penutupan lahan (LC)* di Sopot dengan lebih detail. Dimana terlihat bahwa area yang awalnya diperuntukan untuk lahan irigasi, telah terkonversi sebagian menjadi area terbangun dan vegetasi tahunan. Demikian juga di bagian selatan dari saluran. LSO-kering (pada RBI 2000) diklasifikasikan menjadi LSO-kering dan vegetasi tahunan (hutan -perkebunan) dalam bentuk yang lebih terfragmentasi. Hal ini karena sentinel mengelompokan pixel ke dalam kelas berdasarkan penutupan lahan (*land cover*).

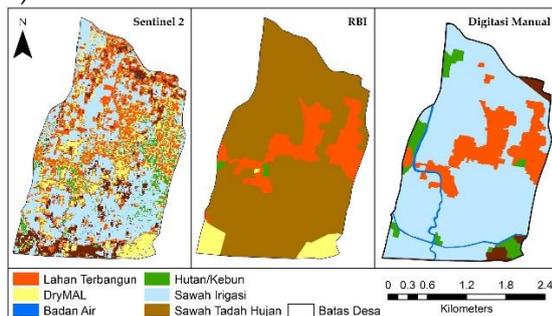
Table 5. LCLU desa Sopot

Kelas LCLU	RBI 2000		Google Earth- 2019		Sentinel 2A - 2019	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Area terbangun	1,15	2,64	1,42	3,3	5,6	12,9
LSO-kering	23,5	54,1	17,42	40,1	18,7	43,0
Lahan irigasi	12,9	29,7	11,09	25,5	6,31	14,5
Lahan non irigasi	0,04	0,09	3,07	7,07	0,54	1,24
Hutan - perkebunan	5,9	13,5	9,11	20,9	12,3	28,4
Badan air	0,00	0,00	1,39	3,19	0,00	0,00
Total	43,5	100	43,51	100	43,5	100

Selama 19 tahun, area terbangun meningkat 4,86 kali lebih luas. LSO-kering berkurang - 20% dari luas sebelumnya. Lahan irigasi telah berkurang hampir 50%. Luas area untuk perkebunan dan hutan menjadi 2 kali lipat (Tabel 5).

### LCLU Desa Kendit

Desa kendit terletak di wilayah bawah, dekat dengan pantai dan pada topografi yang relatif datar. Pada tahun 2000 (peta RBI), hampir 80% wilayah di Kendit adalah lahan non-irigasi atau sawah tadah hujan. Pengembangan jaringan irigasi ( dalam hal ini, saluran Induk Panarukan) telah mampu mengairi lahan tersebut menjadi sawah irigasi. Saluran irigasi pada proses digitalisasi digambarkan sebagai badan air (Gambar 8).



Gambar 8. LCLU Desa Kendit

Lahan irigasi didigitasi seluas 75%. Selama 19 tahun, area terbangun hanya bertambah =  $1,07 - 0,99 = 0,08 \text{ km}^2$ , sesuatu yang sulit untuk dipahami untuk suatu wilayah perkotaan. Hal ini karena proses digitasi dilakukan hanya mengambil secara umum (berupa zona). Ini salah satu kelemahan dari operator dalam proses digitasi. Dalam hal ini, Sentinel dapat menggambarkan proses perubahan dari lahan non-irigasi ke lahan-irigasi, area terbangun dan vegetasi tahunan dengan lebih baik. Luas area terbangun selama 19 tahun telah meningkat menjadi 1,6 x dari sebelumnya (tabel 6). Lahan irigasi tinggal 45% dari luas total. Lahan non-irigasi (tegalan/ladang) seluas 10% berada di utara saluran dan merupakan wilayah

yang lebih tinggi dari saluran induk, sehingga tidak terairi. Hutan-perkebunan seluas 4,34% hakekat-nya adalah tanaman tahunan, seperti pohon mangga, tanaman di sekitar jalan atau pohon di sekitar pekarangan rumah.

Table 6. LCLU at Kendit

Kelas LCLU	RBI 2000		Google Earth - 2019		Sentinel 2A - 2019	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Area terbangun	0,99	15,4	1,07	16,6	1,58	24,5
LSO-kering	0,34	5,26	0,00	0,00	0,96	14,9
Lahan irigasi	0,00	0,00	4,81	74,6	2,92	45,2
Lahan non-irigasi	5,07	78,6	0,15	2,33	0,70	10,9
Hutan - perkebunan	0,04	0,69	0,31	4,75	0,28	4,34
Badan air	0,00	0,00	0,11	1,72	0,01	0,12
Total	6,45	100	6,45	100	6,45	100

Sumber: Pengolahan Data, 2019

### LULC Desa JatiBanteng

Desa Jatibanteng merupakan pusat dari Kecamatan Jatibanteng. Dalam hal ini area terbangun relatif tidak berubah selama 19 tahun. LSO-kering berkurang dai 36% menjadi 24% (Tabel 7).

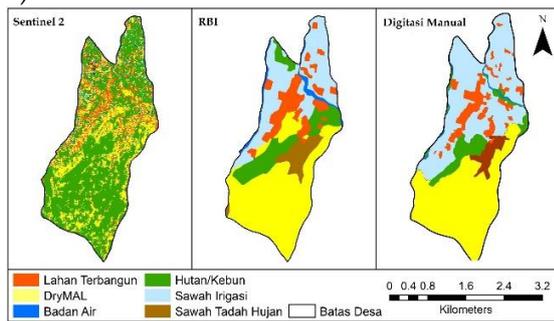
Tabel 7. LCLU Jatibanteng

LCLU class	RBI 2000		Google Earth- 2019		Sentinel 2019	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Area terbangun	0,79	11,7	0,59	8,7	0,80	11,9
LSO-kering	2,43	35,9	2,69	39,6	1,60	23,6
Lahan irigasi	1,72	25,4	2,70	39,9	0,27	4,0
Lahan non-irigasi	0,41	6,00	0,25	3,68	0,06	0,88
Hutan-perkebunan	1,18	17,4	0,49	7,17	4,05	59,7
Badan air	0,24	3,57	0,07	1,00	0,00	0,00
Total	6,78	100	6,78	100	6,78	100

Sumber: Pengolahan Data, 2019

Sebaliknya wilayah hutan-perkebunan digambarkan oleh Sentinel lebih besar. Hal ini karena, citra yang digunakan adalah hasil pemotretan pada akhir musim penghujan (juni 2019). Lahan di wilayah Jati Banteng masih banyak tertutup oleh vegetasi. Vegetasi yang dominan, diklasifikasikan lebih ke

dalam kelas hutan-perkebunan (Gambar 9).



Gambar 9. LCLU Desa Jatibanteng

## KESIMPULAN

Artikel ini membahas perbandingan peta hasil klasifikasi dari citra-Sentinel 2A, peta hasil digitasi manual dari Google Earth dan peta RBI Digital untuk menggambarkan tutupan dan peruntukan lahan (*LCLU*) pada level desa. Perbandingan hasil klasifikasi, dengan digitasi manual dan RBI dapat digunakan sebagai dasar interpretasi *LCLU* di wilayah empat desa tersebut dan identifikasi perubahan *LCLU* yang utama selama 19 tahun terakhir.

Hasil evaluasi juga menunjukkan kemampuan Sentinel 2A untuk memetakan tutupan lahan sampai dengan level desa. Digitasi secara manual dari goole earth beresiko pada terjadinya kesalahan interpre-tasi. Secara umum citra sentinel dapat digunakan untuk menggambarkan fitur utama *LCLU* suatu Desa. Citra juga dapat digunakan untuk memperbaharui peta RBI dan perencanaan pembangunan di tingkat Desa

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian dan publikasi terkait LSO di wilayah Jatisari merupakan bagian dari skema Hibah Pendamping IDB LP2M UNEJ tahun anggaran 2019, No SK rektor: 13455/UN25/LT/2019 (Tanggal 9 Agustus 2019) dan contract no: 3200 /UN25.3.1/LT/2019 (tanggal 16 Agustus 2019). A.n Indarto, berjudul : "Pengembangan Jaringan Distribusi Air dan Desain Irigasi Mikro Berbasis Sumur

Tanah dalam pada Lahan Sub-Optimal di Desa Jatisari, Kec Arjasa, Kab Situbondo", di bawah koordinasi keris LSO. Kepada LP2M UNEJ, pemkab Situbondo dan semua pihak yang telah membantu kelancaran proses penelitian ini disampaikan banyak terima kasih.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, A. M. (2019) 'Land cover and land use classification performance of machine learning algorithms in a boreal landscape using Sentinel-2 data', *GIScience & Remote Sensing*. Taylor & Francis, pp. 1-20. doi: 10.1080/15481603.2019.1650447.
- BIG (2019) *Indonesia Geospatial Portal*. Available at: <http://tanahair.indonesia.go.id/portal-web> (Accessed: 15 December 2019).
- Bolton, D. K. *et al.* (2020) 'Continental-scale land surface phenology from harmonized Landsat 8 and Sentinel-2 imagery', *Remote Sensing of Environment*. Elsevier Inc., 240. doi: 10.1016/j.rse.2020.111685.
- BPS, S. (2019) *Kabupaten Situbondo dalam angka tahun 2019 (Regency Situbondo in number)*. Situbondo. Available at: <https://situbondokab.bps.go.id/publication/2019/12/26/ee20f467bae2040464413b80/statistik-daerah-kabupaten-situbondo-2019.html> (Accessed: 25 May 2020).
- Campbell, J. B. and Wynne, R. H. (2011) *Introduction to remote sensing*. Guilford Press.
- Clerici, N., Valbuena Calderón, C. A. and Posada, J. M. (2017) 'Fusion of sentinel-1a and sentinel-2A data for land cover mapping: A case study in the lower Magdalena region, Colombia', *Journal of Maps*. doi: 10.1080/17445647.2017.1372316.
- Congedo, L. (2016) *Semi-Automatic Classification Plugin Documentation*. doi: 10.13140/RG.2.2.29474.02242/1.
- Efroymson, R. A. *et al.* (2016) 'A causal analysis framework for land-use change and the potential role of bioenergy

- policy', *Land Use Policy*. Elsevier Ltd, 59, pp. 516-527. doi: 10.1016/j.landusepol.2016.09.009.
- Eremiášová, R. and Skokanová, H. (2009) 'Land Use Changes (Recorded in Old Maps) and Delimitation of the Most Stable Areas from the Perspective of Land Use in the Kašperské Hory Region', *Journal of Landscape Ecology*. Berlin: Sciendo, 2(1), pp. 20-34. doi: <https://doi.org/10.2478/v10285-012-0012-5>.
- Esa (2013) *SENTINEL-2 User Handbook Sentinel-2 User Handbook SENTINEL-2 User Handbook Title Sentinel-2 User Handbook Issue 1 Revision 1 SENTINEL-2 User Handbook*.
- EUROSTAT (2001) *Manual of concepts on land cover and land use information systems*. Available at: <http://europa.eu.int> (Accessed: 17 May 2020).
- Foody, G. (2008) 'Harshness in image classification accuracy assessment', *International Journal of Remote Sensing*. Taylor and Francis Ltd., 29(11), pp. 3137-3158. doi: 10.1080/01431160701442120.
- Foody, G. M. (2002) 'Status of land cover classification accuracy assessment', *Remote Sensing of Environment*. Elsevier Inc., pp. 185-201. doi: 10.1016/S0034-4257(01)00295-4.
- Foody, G. M. (2004) 'Thematic map comparison: Evaluating the statistical significance of differences in classification accuracy', *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, pp. 627-633. doi: 10.14358/PERS.70.5.627.
- Hakim, Y. F., Riqqi, A. and Harto, A. B. (2014) 'Kontrol Kualitas Dalam Alur Produksi Kartografi Peta RBI di Badan Informasi Geospasial', *GEOMATIKA*, 20(1).
- Hariyono, M. I. (no date) 'Kajian Perubahan Penutup Lahan Peta Rupabumi pada Skala yang Berbeda'.
- Khorram, S. *et al.* (2013) 'Digital Image Acquisition: Preprocessing and Data Reduction BT - Handbook of Satellite Applications', in Pelton, J. N., Madry, S., and Camacho-Lara, S. (eds). New York, NY: Springer New York, pp. 809-837. doi: 10.1007/978-1-4419-7671-0\_46.
- Lambin, E. F. *et al.* (2001) 'The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths', *Global Environmental Change*. Elsevier Ltd, pp. 261-269. doi: 10.1016/S0959-3780(01)00007-3.
- Landgrebe, D. (2015) *MultiSpec Tutorial: Supervised Classification-Select Training Fields*. Available at: <https://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/documentation.html> (Accessed: 26 November 2019).
- LAPAN (2015) 'LAPAN Pedoman Pengolahan Data Penginderaan Jauh Landsat 8 untuk MPT'. Available at: [file:///F:/BISMILLAH/Ris/000\\_Buku\\_Pedoman\\_TSM\\_final.pdf](file:///F:/BISMILLAH/Ris/000_Buku_Pedoman_TSM_final.pdf).
- Li, G. *et al.* (2012) 'A comparative analysis of ALOS PALSAR L-band and RADARSAT-2 C-band data for land-cover classification in a tropical moist region', *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 70, pp. 26-38. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2012.03.010.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. and Chipman, J. W. (2008) *Remote Sensing and Image Interpretation*. 6th edn. New Jersey.
- Lopes, M. *et al.* (2020) 'Combining optical and radar satellite image time series to map natural vegetation: savannas as an example', *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. Wiley-Blackwell. doi: 10.1002/rse2.139.
- Martínez, S. and Mollicone, D. (2012) 'From Land Cover to Land Use: A Methodology to Assess Land Use from Remote Sensing Data', *Remote Sensing*. MDPI AG, 4(4), pp. 1024-1045. doi: 10.3390/rs4041024.
- Moran, E. F. (2010) 'Land Cover Classification in a Complex Urban-Rural Landscape with Quickbird Imagery', *Photogrammetric engineering and remote sensing*. NIH Public Access, 76(10), p. 1159.

- Mulyani, A., Priyono, A. and Agus, F. (2013) 'Semiarid Soils of Eastern Indonesia: Soil Classification and Land Uses', in, pp. 449-466. doi: 10.1007/978-94-007-5332-7\_24.
- Mulyani, A. and Sarwani, M. (2013) 'Karakteristik dan Potensi Lahan Sub Optimal untuk Pengembangan Pertanian di Indonesia | Mulyani | Jurnal Sumberdaya Lahan', *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 7(1), pp. 47-55. Available at: <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jsl/article/view/6429> (Accessed: 26 November 2019).
- Parece, T. E. and Campbell, J. B. (2015) 'Land use/land cover monitoring and geospatial technologies: An overview', in *Handbook of Environmental Chemistry*. Springer Verlag, pp. 1-32. doi: 10.1007/978-3-319-14212-8\_1.
- Ptak, M. and Ławniczak, A. E. (2012) 'Changes in land use in the buffer zone of lake of the Mała Węlna catchment', *Limnological Review*. Berlin: Sciendo, 12(1), pp. 35-44. doi: <https://doi.org/10.2478/v10194-011-0043-z>.
- Putri Abdi. Sudarsono, Bambang., D. R. S. (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), pp. 85-96. doi: 10.1016/j.cirp.2008.03.009.
- Riadi, B. and Makmuriyanto, A. (2014) 'Kajian Percepatan Penetapan dan Penegasan Batas Kecamatan/Distrik, Desa/Kelurahan Secara Kartometris', *Majalah Ilmiah Globe*, 16(2).
- Riadi, B. and Rachma, T. R. N. (2017) 'Kajian Prototipe Peta Desa Menggunakan Citra Satelit Resolusi Tinggi', *Majalah Ilmiah Globe*, 19(2), pp. 147-156.
- Richards, J. A. (2013) *Remote Sensing Digital Image Analysis*. 5th edn. Heidelberg: Springer-Verlag. Available at: [file:///D:/KULIAH/SKRIPSI/05\\_Jurnal Penunjang/Remote\\_Sensing\\_Digital\\_I](file:///D:/KULIAH/SKRIPSI/05_Jurnal%20Penunjang/Remote_Sensing_Digital_Image_Analysis_www.GISman.ir.pdf)
- mage\_Analysis\_www.GISman.ir.pdf.
- Rujoiu-Mare, M.-R. *et al.* (2017) 'Land cover classification in Romanian Carpathians and Subcarpathians using multi-date Sentinel-2 remote sensing imagery', *European Journal of Remote Sensing*. Taylor & Francis, 50(1), pp. 496-508. doi: 10.1080/22797254.2017.1365570.
- Song, X. P. *et al.* (2018) 'Global land change from 1982 to 2016', *Nature*. Nature Publishing Group, 560(7720), pp. 639-643. doi: 10.1038/s41586-018-0411-9.
- Sudarman, S., Sadikin, H. and Prijatna, K. (2020) 'Desain Alternatif Lembar Peta Rupabumi Indonesia (RBI) Skala Besar', *GEOMATIKA*, 26(1), pp. 35-44.
- Susetyo, D. B. (2015) 'Generalisasi kartografis pada peta Rupabumi Indonesia (RBI) skala 1: 25.000 menjadi 1: 50.000', *Proceeding of Simposium Sains Geoinformasi*, pp. 217-225.
- Tavares, P. A. *et al.* (2019) 'Integration of sentinel-1 and sentinel-2 for classification and LULC mapping in the urban area of Belém, eastern Brazilian Amazon', *Sensors (Switzerland)*. MDPI AG, 19(5). doi: 10.3390/s19051140.
- USGS (2019) 'EarthExplorer - Home', U.S. Geological Survey. Available at: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Accessed: 15 December 2019).
- USGS, U. S. G. (2019) 'Landsat 8 (L8) Data Users Handbook Version 4.0', *Department of the Interior, U.S. Geological Survey*, 4(April), p. 106. Available at: [https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/LSDS-1574\\_L8\\_Data\\_Users\\_Handbook\\_v4.0.pdf](https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/LSDS-1574_L8_Data_Users_Handbook_v4.0.pdf).
- Weżyk, P. *et al.* (2016) 'Using Geobia and Data Fusion Approach for Land use and Land Cover Mapping', *Quaestiones Geographicae*. Berlin: Sciendo, 35(1), pp. 93-104. doi: <https://doi.org/10.1515/quageo-2016-0009>.