

PEMANFAATAN DATA PENGINDERAAN JAUH UNTUK ANALISIS PERUBAHAN PENGGUNAAN DAN TUTUPAN LAHAN DI SUB DAS BIYONGA, KABUPATEN GORONTALO

(Utilization Of Remote Sensing Data For Analysis Of Land Use And Land Cover Changes In Biyonga Sub-Watershed, Gorontalo Regency)

Lia Kurniawati Odar Serang¹, Enni Dwi Wahjunie², Yayat Hidayat²

¹Program Studi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

²Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jl. Raya Dramaga Kampus IPB Dramaga Bogor 16680 Jawa Barat, Indonesia
Email: liaserang@apps.ipb.ac.id

Diterima: 22 Desember 2021; Direvisi: 19 April 2022; Disetujui untuk Dipublikasikan: 25 April 2022

ABSTRAK

Jumlah penduduk yang semakin meningkat dapat menyebabkan kerusakan respon hidrologi dan degradasi lahan. Dalam kurun waktu 10 tahun terjadi peningkatan penduduk sebesar 0,96% di wilayah Sub DAS Biyonga. Penelitian ini menganalisis data penginderaan jauh untuk memperoleh informasi perubahan penggunaan dan tutupan lahan dengan uji akurasi menggunakan Google Earth di Sub DAS Biyonga. Penelitian menggunakan citra Landsat 8 OLI/TIRS untuk tahun 2015 dan 2020, citra Landsat 7 ETM untuk tahun 2010. Penggunaan lahan yang teridentifikasi berdasarkan analisis citra menggunakan metode *Maximum Likelihood* terdiri dari 8 kategori berdasarkan SNI 7645-1-2014 yaitu hutan lahan tinggi primer kerapatan tinggi, hutan lahan rendah primer kerapatan sedang, ladang, sawah, bangunan permukiman, lahan terbuka diusahakan, semak/belukar dan danau. Selanjutnya klasifikasi penggunaan lahan di uji akurasi, di mana titik sampel acak sebanyak 103 titik dikonversi ke *Keyhole Markup Language* (KML) dan dianalisa menggunakan Google Earth. Hasil penelitian menunjukkan interpretasi citra dilakukan dengan sangat baik seperti ditunjukkan pada akurasi keseluruhan tahun 2010, 2015 dan 2020 sebesar 88,34%, 87,40% dan 85,40%. Akurasi kappa tahun 2010, 2015 dan 2020 sebesar 85,70%, 84,50% dan 82,43%. Berdasarkan kategori kesesuaian akurasi hasil uji masuk kriteria hampir sempurna dan menandakan persentasi dari data yang *reliable* mencapai 80-100% dengan citra Google Earth. Hasil analisis perubahan penggunaan lahan di Sub DAS Biyonga periode 2010-2020 menunjukkan perubahan yang signifikan. Ladang, lahan terbuka diusahakan, dan hutan lahan rendah primer kerapatan sedang memiliki peningkatan luas masing-masing 10,68%, 6,11% dan 4,18%. Adapun hutan lahan tinggi primer kerapatan tinggi, sawah dan danau mengalami penurunan luas masing-masing 27,69%, 1,19% dan 1,18%.

Kata Kunci: Google Earth, *maximum likelihood*, perubahan penggunaan lahan, Sub DAS Biyonga, uji akurasi

ABSTRACT

The increasing population can cause decline to the hydrological response and land degradation. Within ten years, there was an increase in population by 0.96% in the Biyonga Sub-watershed. The research study analyzed remote sensing data to obtain information on land use and cover changes by using the Google Earth accuracy test in the Biyonga Sub-watershed. The research uses Landsat 8 OLI/TIRS images for 2015 and 2020, Landsat 7 ETM images for 2010. The identified land uses based on image analysis using the Maximum Likelihood method consist of 8 categories based on SNI 7645-1-2014, namely primary highlands forest high density, medium density primary lowland forest, fields, rice fields, residential buildings, open cultivated land, bushes/scrubs and lakes. furthermore, land use classification for accuracy, where 103 random sample points and analyzed using Google Earth. The results showed that the interpretation of Landsat imagery was very well, as shown in the overall accuracy of 2010, 2015, and 2020 of 88.34%, 87.40%, and 85.40%. The kappa accuracy in 2010, 2015, and 2020 was 85.70%, 84.50%, and 82.43%. Based on the suitability category, the accuracy of kappa includes almost perfect criteria and indicates that the percentage of reliable data reaches 80-100% with Google Earth images. The analysis of land-use changes in the Biyonga Sub-watershed for the 2010-2020 period showed significant changes. Fields, open cultivated land, and medium density primary

lowland forests increased by 10.68%, 6.11%, and 4.18%, respectively. Meanwhile, high-density primary highlands forest, rice fields, and lakes experienced a decrease of 27.69%, 1.19%, and 1.18%, respectively.

Keywords: Google Earth, maximum likelihood, land use change, Biyonga Sub-watershed, accuracy test

PENDAHULUAN

Perubahan penggunaan dan tutupan lahan merupakan masalah utama yang menjadi perhatian dan kekhawatiran yang berkaitan dengan perubahan lingkungan global (Kefi et al., 2021). Pertumbuhan dan perluasan pusat kota yang cepat, peningkatan pertumbuhan penduduk, meningkatnya kelangkaan lahan, permintaan akan produk industri dan kemajuan teknologi adalah salah satu pendorong perubahan penggunaan dan tutupan lahan di masyarakat kita saat ini (Agbaogun & Akintunde-Alo, 2020). Dampak dari ekstensi perubahan penggunaan dan tutupan lahan pada lingkungan diantaranya perubahan iklim, perubahan siklus hidrologi, peningkatan ekstraksi air, gangguan kualitas air, degradasi nutrisi tanah, erosi permukaan, dan banjir, serta hilangnya keanekaragaman hayati (Paiboonvorachat & Oyana, 2011).

Sub DAS Biyonga merupakan salah satu bagian dari DAS Limboto yang terletak di bagian hulu yang mengalirkan air langsung ke Danau Limboto. Laju pertumbuhan penduduk di wilayah Sub DAS Biyonga mengalami peningkatan sebesar 0,96% dalam kurun waktu 10 tahun (Badan Pusat Statistik, 2021) Hal tersebut mendorong perubahan penggunaan lahan dan tentunya berpengaruh terhadap kerusakan fungsi hidrologi DAS. Deforestasi hutan di wilayah Sub DAS Biyonga menyebabkan tingginya erosi dan sedimentasi yang menyebabkan pendangkalan di Danau Limboto (Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2014) Perubahan penggunaan lahan tanpa memperhatikan kemampuan lahan dan tidak menerapkan kaidah konservasi tanah dan air menyebabkan terganggunya fungsi hidrologis DAS (Indrihastuti et al., 2016)

Menurut data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Gorontalo, banjir selalu terjadi setiap tahun, khususnya di wilayah Sub DAS Biyonga yang menyebabkan 13 Desa terdampak. Pada tahun 2021 sebanyak 2.300 warga terkena dampak banjir (Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2021). Akibatnya informasi tentang penggunaan dan tutupan lahan menjadi sangat penting karena tren perubahan dan penggunaan sumberdaya lahan yang optimal menjadi kriteria untuk perencanaan penggunaan lahan dan pengelolaan sumberdaya alam yang efektif.

Penginderaan jauh dan teknologi yang berkaitan dengan informasi geografis dan sistem pemosisian global terus mengalami peningkatan dan kemajuan yang telah merevolusi data geospasial yang ada (Toth & Józków, 2016). Selama lebih dari empat dekade citra Landsat

digunakan sebagai sumber daya penting untuk penelitian ilmiah dan operasional bagi pengambil keputusan yang berkaitan dengan perubahan tutupan lahan, perencanaan akuisisi, pemantauan deforestasi, perubahan iklim dan mitigasi (Wulder et al., 2019). Pada prinsipnya, citra Landsat 8 menggabungkan frekuensi temporal dan menyediakan resolusi spasial 30m dengan kemampuan untuk mengekstraksi proses biofisik yang sangat dinamis (Wulder et al., 2015). Interpretasi citra yang paling sering digunakan ialah klasifikasi citra multispektral berdasarkan analisis terhadap sifat reflektansi. Klasifikasi citra multispektral dilakukan menggunakan dua metode yaitu metode klasifikasi terbimbing dan tidak terbimbing. Keunggulan metode terbimbing adalah memiliki kontrol terhadap setiap kelas informasi tutupan lahan berdasarkan *training sample* dan adanya kontrol terhadap keakuratan klasifikasi. Keunggulan metode tidak terbimbing adalah kesalahan operator dapat diminimalisir dan kelas unik dianggap sebagai satuan kelas yang berbeda (Septiani et al., 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan/*Land Use Land Cover Change (LULC)* di kawasan Danau Limboto khususnya di Sub DAS Biyonga periode 2010-2020 menggunakan metode klasifikasi terbimbing dengan algoritma *maximum likelihood* yang diinterpretasi secara visual dan digital. Tutupan lahan diklasifikasikan ke dalam 8 kelas berdasarkan SNI 7645-1-2014 yaitu hutan lahan tinggi primer kerapatan tinggi (HLTPKT), hutan lahan rendah primer kerapatan sedang (HLRPKS), ladang/tegalan, sawah, bangunan permukiman, lahan terbuka diusahakan, semak/belukar dan danau. Hasil interpretasi data citra Landsat penggunaan lahan Sub DAS Biyonga dibuktikan kebenaran klasifikasinya dengan uji akurasi. Penilaian akurasi diperlukan untuk melihat kecocokan klasifikasi citra dengan data di lapangan, yaitu dengan membuat titik acak akurasi menggunakan perangkat lunak ArcGIS dan kemudian klasifikasi citra dievaluasi dengan menggunakan Google Earth. Hasil penilaian klasifikasi kemudian dilakukan uji akurasi untuk menghitung ketepatan penggunaan lahan dengan uji akurasi keseluruhan dan uji akurasi kappa.

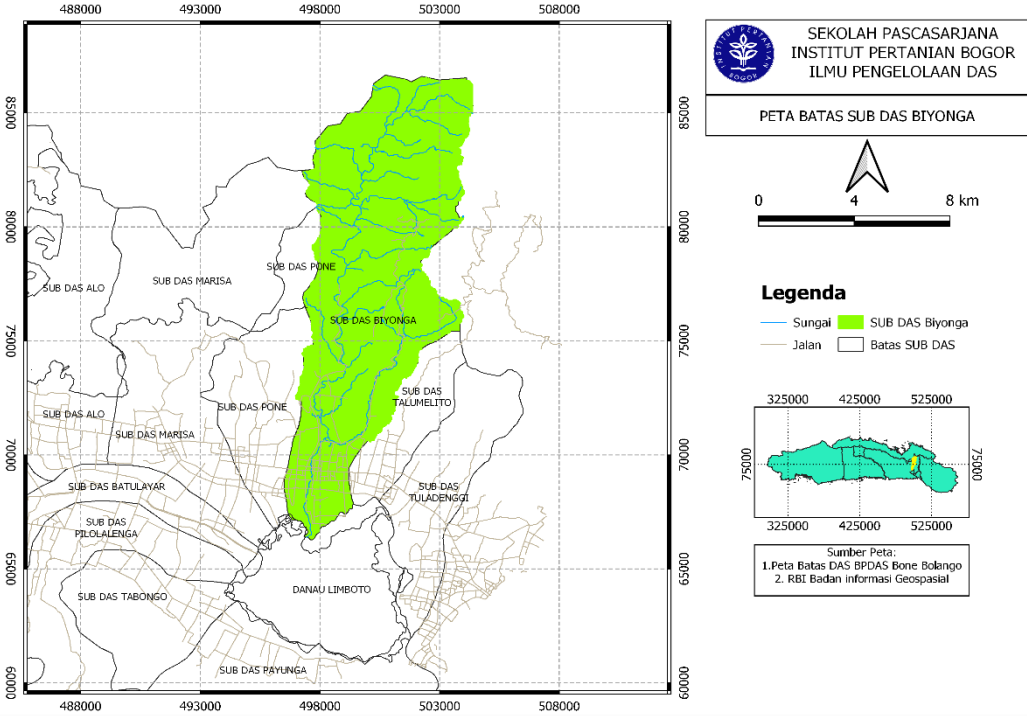
METODE

Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Sub DAS Biyonga, Kabupaten Gorontalo ditunjukkan melalui **Gambar 1**. Sub DAS Biyonga merupakan salah satu Sub DAS yang termasuk ke dalam Kawasan Danau Limboto yang memiliki luas 8.913 ha dengan skala 1:50.000.

Secara administrasi Sub DAS Biyonga terletak di Kecamatan Limboto dengan jumlah penduduk yang

tinggal di area Sub DAS Biyonga yaitu 49.796 jiwa (Badan Pusat Statistik 2021).



Gambar 1. Lokasi studi penelitian Sub DAS Biyonga

Data yang digunakan

Penelitian ini menggunakan citra Landsat 7 ETM untuk tahun 2010 dan citra Landsat 8 OLI/TIRS untuk tahun 2015 dan 2020. Semua data diperoleh dari *United States Geological Services* (Earth Explorer). Peta batas Sub DAS Biyonga diperoleh dari BPDAS Bone Bolango, Peta Jaringan Sungai bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dengan skala 1:50.000 dan validasi kondisi penggunaan lahan bersumber dari Google Earth Pro. Citra Google Earth Pro dipilih sebagai data pembandingan dalam uji akurasi karena resolusi spasial cukup baik sehingga akurasinya cukup tinggi (Collin et al., 2014). Pulighe et al. (2016) melakukan penilaian akurasi horizontal citra Google Earth di Roma, Italia untuk tahun 2007, 2011 dan 2013 pada tingkat kepercayaan 95% untuk area perkotaan yang mana hasil yang diperoleh akurasi posisi sangat akurat 1 m berdasarkan pengukuran dasar.

Analisis data

Analisis perubahan penggunaan dan tutupan lahan diawali dengan melakukan analisis data citra. Analisis data citra dikelompokkan menjadi tiga tahapan yakni pra-pengolahan data citra, interpretasi data citra dan uji akurasi. Tahap pra-pengolahan citra terdiri dari proses pemotongan citra, komposit band dan koreksi geometrik citra masing-masing tahun 2010, 2015 dan 2020. Pemotongan citra bertujuan untuk membuat *Area of*

Interest (AOI) yaitu spesifikasi fenomena geospasial pada daerah kajian penelitian. Setelah citra dipotong sesuai areal kajian kemudian citra ditumpuk (*layer stacking*) untuk dilakukan komposit *band*. Kombinasi *band* dipilih untuk memperoleh informasi mengenai variasi objek. Selanjutnya yaitu koreksi geometrik (rektifikasi) dilakukan untuk memperbaiki citra akibat kesalahan geometris. Rektifikasi dilaksanakan melalui dua macam cara yaitu rektifikasi citra-ke-peta (*image-to map rectification*) dan rektifikasi citra-ke-citra (*image-to-image rectification*). Dalam penelitian ini digunakan teknik rektifikasi citra-ke-peta (*image-to-map rectification*). Data referensi yang digunakan dalam proses rektifikasi adalah Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000 dari Badan Informasi Geospasial.

Klasifikasi citra yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan interpretasi citra secara visual dan digital. Metode yang digunakan adalah *supervised classification* (klasifikasi terbimbing) dengan algoritma *maximum likelihood classification*. Interpretasi visual citra dilakukan berdasarkan pada pengenalan ciri obyek secara spasial. Karakteristik obyek dapat dikenali berdasarkan unsur interpretasi seperti warna, bentuk, ukuran, pola, tekstur, dan asosiasi kenampakan obyek yang disajikan dalam format RGB (Red Green Blue). Menurut ESRI, ada 10 (sepuluh) kombinasi standar RGB untuk Landsat 8 yaitu warna alami (432), warna palsu (764), warna inframerah vegetasi (543), vegetasi sehat (562), pertanian (652), tanah/air (564), warna alami dengan penghilang atmosfer (753), inframerah

pendek (754) dan analisis vegetasi (654). Citra yang diinterpretasi secara visual kemudian diklasifikasi ke dalam penciri kelas. Penciri kelas (*class signature*) merupakan satu set data yang diperoleh dari suatu *training area, feature space*, atau *cluster*. Sekelompok *training area* mewakili satu kelas penggunaan lahan seperti sawah, semak/belukar dan bangunan permukiman. Penelitian ini mengelompokkan penggunaan dan tutupan lahan ke dalam 8 kelas berdasarkan SNI 7645-1-2014 yaitu hutan lahan tinggi primer kerapatan tinggi (HLTPKT), hutan lahan rendah primer kerapatan sedang (HLRPKS), ladang/tegalan, sawah, bangunan permukiman, lahan terbuka diusahakan, semak/belukar dan danau. Klasifikasi hutan lahan tinggi kerapatan tinggi (HLTPKT) dengan hutan lahan rendah kerapatan sedang dapat dikenali secara visual dengan menggunakan RGB (562) (vegetasi sehat), hutan dengan kerapatan tinggi cenderung lebih hijau gelap dibandingkan dengan kerapatan sedang cenderung lebih hijau muda. Citra kemudian diinterpretasi secara digital menggunakan algoritma *maximum likelihood classification* (MLC) yaitu dengan mempertimbangkan faktor peluang dari satu piksel untuk dikelaskan ke dalam *training area* yang dikelaskan ke dalam kelas 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. Algoritma *maximum likelihood* dipilih karena mengambil nilai probabilitas maximum dalam klasifikasi pada *training area*. Hal ini sejalan dengan penelitian (Sampurno & Thoriq, 2016) algoritma *maximum likelihood* memberikan akurasi yang tinggi yaitu 99,61% pada daerah yang heterogen.

Hasil interpretasi data citra Landsat penggunaan lahan di Sub DAS Biyonga dibuktikan kebenaran analisis citra dengan uji akurasi. Uji akurasi dilakukan untuk membandingkan hasil interpretasi citra Landsat dengan pengamatan citra Google Earth Pro. Citra Google Earth Pro dipilih sebagai data pembandingan dalam uji akurasi karena resolusi spasial cukup baik sehingga akurasinya cukup tinggi di DAS Todoroki, Japan (Collin et al., 2014). Penelitian serupa oleh Purhartanto, et al., (2019) yang dilakukan di Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta menghasil presentase fraksi dengan menggunakan citra Google Earth yang menunjukkan akurasi yang sangat baik sebesar 99.66% dengan data aktual pada sebaran tanaman kayu putih pada skala 1:50.000.

Metode penentuan lokasi data validasi penggunaan lahan dilakukan dengan *purposive random sampling*. *Purposive random sampling* dalam penentuan lokasi titik sampel diharapkan agar seluruh kelas penutup lahan dapat terwakili berdasarkan kondisi waktu. Titik sampel yang digunakan sebanyak 103 titik dipilih acak berdasarkan karakteristik wilayah yang mewakili penggunaan lahan. Pemilihan titik sampel data cek

lapangan akan semakin baik jika titik tersebar dalam jumlah besar. Hal ini akan mampu menghasilkan nilai uji akurasi yang baik (Nguyen et al., 2018). Survei dilakukan dengan mempertimbangkan aksesibilitas, manajemen waktu serta kondisi dan operasional. Lokasi penelitian mempunyai aksesibilitas yang sulit, maka pengambilan titik sampel dilakukan dengan pengamatan citra Google Earth.

Hasil data cek lapangan dan Google Earth digunakan sebagai *training area* dan validasi data tiap periode analisis klasifikasi penggunaan dan tutupan lahan. Uji akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil interpretasi citra satelit dengan titik hasil sampling sebagai referensi. Uji akurasi yang dilakukan diantaranya adalah akurasi keseluruhan, akurasi pembuat, akurasi pengguna dan akurasi kappa. Pengujian dilakukan pada tahun 2010, 2015 dan 2020. Akurasi keseluruhan adalah jumlah piksel yang terklasifikasi secara benar pada tiap kelas dibanding jumlah sampel yang digunakan untuk uji akurasi pada semua kelas. Akurasi pembuat adalah peluang rata-rata (%) suatu piksel yang menunjukkan sebaran dari masing masing kelas yang telah diklasifikasi di lapangan, akurasi pengguna adalah peluang rata-rata (%) suatu piksel secara aktual yang mewakili kelas-kelas tersebut sedangkan akurasi kappa merupakan akurasi yang mempertimbangkan semua elemen yang ada pada matrik kesalahan dengan mempertimbangan *omission* dan *commission error*-nya. Penilaian akurasi dapat dihitung berdasarkan tabel matrik kesalahan (*confusion matrix*) (Sarkar, 2018) yang dijabarkan pada **Persamaan 1, Persamaan 2, Persamaan 3, dan Persamaan 4**.

Akurasi Pengguna =

$$100\% \times \frac{\text{Jumlah total piksel yang diklasifikasikan dengan benar di setiap kategori}}{\text{Jumlah total piksel yang diklasifikasikan dalam kategori (total baris)}} \quad (1)$$

Akurasi Pembuat =

$$100\% \times \frac{\text{Jumlah piksel yang diklasifikasikan dengan benar di setiap kategori}}{\text{Jumlah total piksel yang diklasifikasikan dalam kategori (total kolom)}} \quad (2)$$

Akurasi Keseluruhan =

$$100\% \times \frac{\text{Jumlah total piksel yang diklasifikasikan dengan benar (diagonal)}}{\text{Jumlah total piksel referensi}} \quad (3)$$

Koefisien Kappa =

$$\frac{(\text{Total sampel} \times \text{Total sampel yang dikoreksi}) - \sum (\text{total kolom} \times \text{total baris})}{\text{Total sampel}^2 - \sum (\text{total} \times \text{total baris})} \quad (4)$$

Nilai pengujian akurasi keseluruhan, akurasi pembuat dan akurasi pengguna dievaluasi dengan kriteria nilai akurasi Kappa untuk menunjukkan besaran tingkat keberhasilan klasifikasi. Kategori koefisien Kappa mengacu pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Kategori kesesuaian akurasi kappa.

Nilai Kappa (%)	Kriteria
<20	Buruk
21-40	Cukup baik
41-60	Sedang
61-80	Baik
81-99	Hampir sempurna

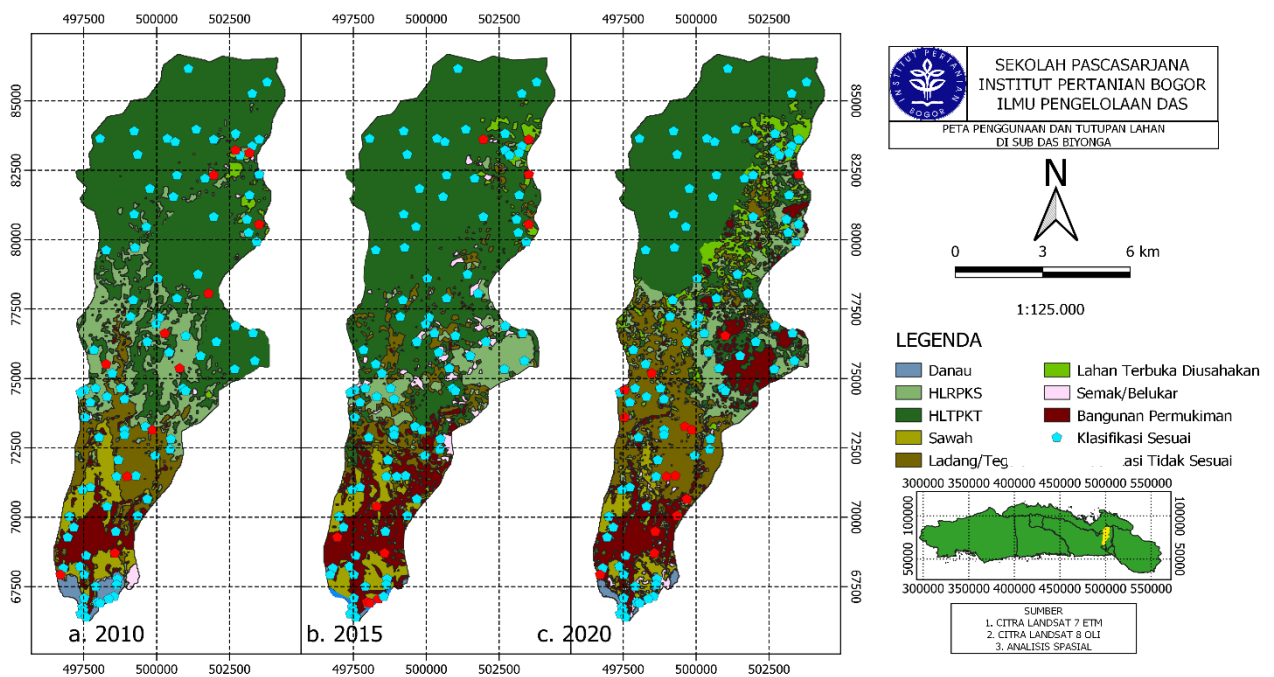
Sumber: Viera & Garrett, (2005)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Interpretasi Penggunaan dan Tutupan Lahan

Berdasarkan hasil interpretasi citra yang dilakukan menggunakan metode klasifikasi terbimbing, Sub DAS Biyonga mempunyai 8 kelas

klasifikasi penggunaan lahan berdasarkan SNI 7645-1-2014 sesuai skala 1:50.000 yaitu hutan lahan tinggi primer kerapatan tinggi (HLTPKT), hutan lahan rendah primer kerapatan sedang (HLRPKS), ladang/tegalan, sawah, bangunan permukiman, lahan terbuka, semak/belukar dan danau. Identifikasi Klasifikasi tutupan dan penggunaan lahan diperlukan untuk menilai keandalan dari peta penggunaan dan tutupan lahan yang diperoleh. Penilaian akurasi dilakukan untuk membuktikan kesesuaian klasifikasi citra dengan data aktual. Uji akurasi klasifikasi penggunaan lahan menggunakan 103 titik sampling dengan metode sebaran *purposive sampling* dapat dilihat pada Gambar 2. Matriks kesalahan (*Confusion matrix*) uji akurasi penggunaan lahan tahun 2010, 2015 dan 2020 disajikan pada Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4.



Gambar 2. Klasifikasi data kesesuaian dan ketidaksesuaian berdasarkan uji akurasi. Titik biru menunjukkan klasifikasi sesuai dengan data referensi dan titik merah menunjukkan klasifikasi tidak sesuai dengan data referensi.

Tabel 2. Matriks kesalahan uji akurasi tutupan lahan tahun 2010 (%).

Kelas Tutupan Lahan	HLTPKT	HLRPKS	L	S	BP	LT	SB	D	Total	Akurasi pengguna
HLTPKT	34	-	-	-	-	-	-	-	34	100
HLRPKS	-	10	-	-	-	-	-	-	10	100
L	-	3	7	-	-	-	-	-	10	70
S	-	-	-	10	-	-	-	-	10	100
BP	-	-	3	-	7	-	-	-	10	70
LT	4	-	-	-	-	6	-	-	10	60
SB	1	-	-	-	-	-	9	-	10	90
D	-	-	-	1	-	-	-	8	9	89
Total	39	13	10	11	7	6	9	8	103	
Akurasi pembuat	87	77	70	91	100	100	100	100		
Total akurasi	88,34									
Akurasi Kappa	85,70									

Keterangan: HLTPKT= hutan lahan tinggi primer kerapatan tinggi, HLRPKS= hutan lahan rendah primer kerapatan sedang, L = ladang/tegalan, S= sawah, BP= bangunan permukiman, LT= lahan terbuka diusahakan, SB= semak/belukar, D= danau

Tabel 3. Matriks kesalahan uji akurasi tutupan lahan tahun 2015 (%).

Kelas Tutupan Lahan	HLTPKT	HLRPKS	L	S	BP	LT	SB	D	Total	Akurasi pengguna
HLTPKT	34	-	-	-	-	-	-	-	34	100
HLRPKS	-	10	-	-	-	-	-	-	10	100
L	-	1	9	-	-	-	-	-	10	90
S	-	-	-	10	-	-	-	-	10	100
BP	-	-	3	1	6	-	-	-	10	60
LT	4	-	-	-	-	6	-	-	10	60
SB	1	-	-	-	-	-	9	-	10	90
D	-	-	-	3	-	-	-	6	9	70
Total	39	11	12	14	6	6	9	6	103	
Akurasi pembuat	87,40									
Akurasi Kappa	84,50									

Keterangan: HLTPKT= hutan lahan tinggi primer kerapatan tinggi, HLRPKS= hutan lahan rendah primer kerapatan sedang, L = ladang/tegalan, S= sawah, BP= bangunan permukiman, LT= lahan terbuka diusahakan, SB= semak/belukar, D= danau

Tabel 4. Matriks kesalahan uji akurasi tutupan lahan tahun 2020 (%).

Kelas Tutupan Lahan	HLTPKT	HLRPKS	L	S	BP	LT	SB	D	Total	Akurasi pengguna
HLTPKT	31	3	-	-	-	-	-	-	34	91
HLRPKS	-	9	-	-	1	-	-	-	10	90
L	-	-	9	-	1	-	-	-	10	90
S	-	-	1	9	-	-	-	-	10	90
BP	-	-	4	-	6	-	-	-	10	60
LT	2	-	-	-	-	8	-	-	10	80
SB	-	1	1	-	-	-	8	-	10	80
D	-	-	-	1	-	-	-	8	9	89
Total	33	13	15	10	8	8	8	8	103	
Akurasi pembuat	94									
Akurasi pengguna	85,40									
Akurasi kappa	82,43									

Keterangan: HLTPKT= hutan lahan tinggi primer kerapatan tinggi, HLRPKS= hutan lahan rendah primer kerapatan sedang, L = ladang/tegalan, S= sawah, BP= bangunan permukiman, LT= lahan terbuka diusahakan, SB= semak/belukar, D= danau

Hasil titik sampling uji akurasi data penggunaan lahan Sub DAS Biyonga tahun 2010 dan 2015 menggunakan Google Earth Pro dan tahun 2020 menggunakan data *groundcheck* dan Google Earth Pro menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik. Hasil 4 pengujian akurasi memiliki hasil yang baik pada akurasi pembuat, akurasi pengguna, akurasi keseluruhan dan akurasi kappa. Nilai akurasi *groundcheck* pada akurasi pengguna memiliki nilai akurasi terendah yaitu 60% untuk kelas perairan. Nilai akurasi pembuat terendah yaitu 75% untuk kelas lahan terbuka diusahakan dan nilai tertinggi sebesar 100% untuk kelas Hutan Lahan Tinggi Primer Kerapatan Tinggi (HLTPKT), Hutan Lahan Rendah Primer Kerapatan Sedang (HLRPKS) dan sawah. Nilai uji akurasi selanjutnya adalah nilai akurasi keseluruhan sebesar 88,34% dan akurasi kappa sebesar 85,70% termasuk kategori sangat baik. Hal tersebut menandakan presentasi dari data yang reliable mencapai 80-100 (Fadhil et al., Baskoro 2021). Nilai akurasi keseluruhan dan akurasi kappa penggunaan dan tutupan lahan tahun 2010 lebih tinggi dibandingkan dengan nilai akurasi pada tahun 2015 dan 2020. Semakin tinggi nilai akurasi bermakna semakin tinggi tingkat ketepatan dalam penggunaan lahan hasil prediksi

dengan penggunaan lahan aktual. Nilai pengujian akurasi keseluruhan dan akurasi kappa data tutupan lahan berturut-turut sebesar akurasi keseluruhan 87,40% dan akurasi kappa 84,50% untuk tahun 2015 dan akurasi keseluruhan 85,40% dan akurasi kappa 82,43% untuk tahun 2020. Hasil tersebut menunjukkan bahwa uji akurasi termasuk ke dalam kategori yang sangat baik. Akurasi keseluruhan jarang digunakan sebagai indikator klasifikasi karena akurasi yang dianggap terlalu *over estimate* yaitu hanya menggunakan piksel yang terletak pada diagonal suatu matrik kontingensi sedangkan akurasi yang dianjurkan untuk digunakan adalah koefisien kappa dan hasil yang diperoleh menunjukkan klasifikasi penggunaan dan tutupan lahan masuk kedalam kategori hampir sempurna (Viera & Garrett, 2005). Hasil rekapitulasi akurasi keseluruhan dan akurasi kappa disajikan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Rekapitulasi uji akurasi tutupan lahan.

Tahun	Uji Keseluruhan (%)	Akurasi Kappa (%)
2010	88,34	85,70
2015	87,40	84,50
2020	85,40	82,43

Perubahan Penggunaan dan Tutupan Lahan

Pemetaan penggunaan lahan dan analisis perubahan dilakukan di Sub DAS Biyonga dengan luas 8.913 ha. Penggunaan lahan dominan pada tahun 2010 adalah hutan lahan tinggi primer kerapatan tinggi (HLTPKT) seluas 5.562 ha (62,40%). Penggunaan lahan terluas lainnya adalah hutan lahan rendah primer kerapatan sedang (HLRPKS), sawah, ladang/tegalan dan bangunan permukiman masing-masing seluas 1.282 ha (14,38%), 639 ha (7,17%), 572,5 (6,42%) dan 484 ha (5,43%). Penggunaan lahan danau, lahan terbuka diusahakan dan semak belukar merupakan penggunaan lahan yang paling rendah masing-masing seluas 203,5 ha (2,28%), 96 ha

(1,08%) dan 74 ha (0,83%). Rekapitulasi hasil analisis penggunaan lahan tahun 2010, 2015 dan 2020 dijelaskan secara rinci pada **Tabel 6**.

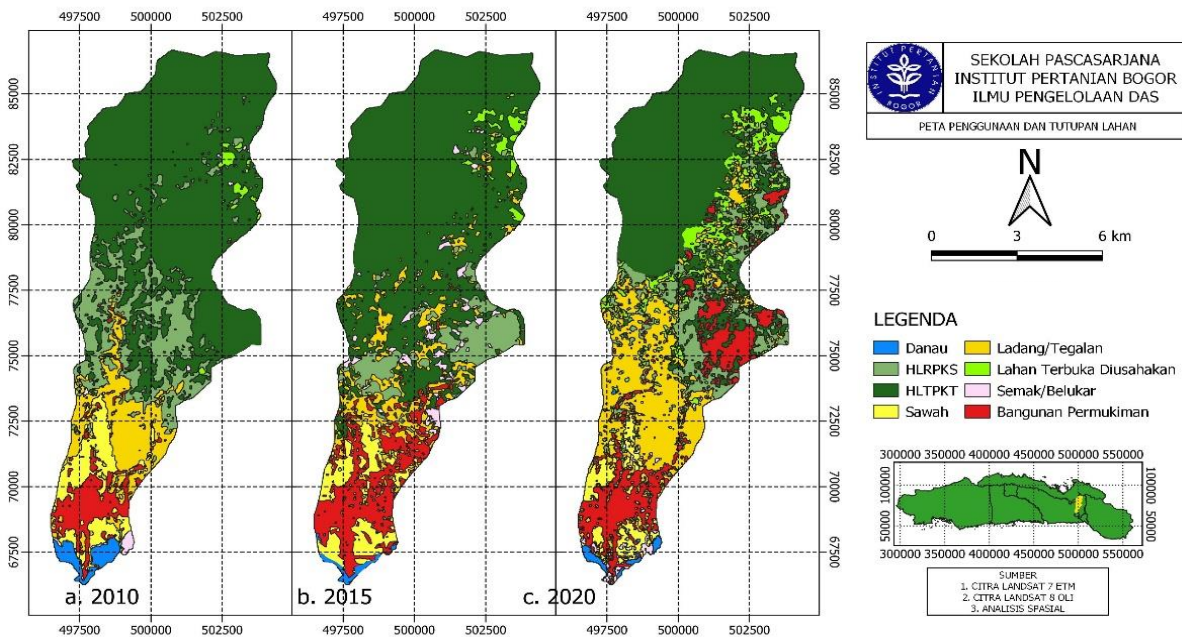
Berdasarkan rekapitulasi luas penggunaan dan tutupan lahan di Sub DAS Biyonga hutan lahan rendah primer kerapatan sedang (HLRPKS), ladang/tegalan, bangunan permukiman, lahan terbuka diusahakan dan semak/belukar mengalami peningkatan paling signifikan pada tahun 2020 masing-masing sebesar 18,57%, 17,10%, 14,28%, 7,19% dan 1,07% dari luas keseluruhan. Perubahan Penggunaan dan tutupan lahan disajikan pada **Tabel 7** dan Peta perubahan penggunaan lahan tahun 2010, 2015 dan 2020 disajikan pada **Gambar 3**.

Tabel 6. Rekapitulasi luas penggunaan dan tutupan lahan Sub DAS Biyonga.

Tutupan Lahan	2010		2015		2020	
	ha	%	ha	%	ha	%
Bangunan Permukiman	484	5,43	966	10,84	1.273	14,28
Danau	203,5	2,28	118	1,32	98	1,10
HLRPKS	1.282	14,38	1.395	15,65	1.655	18,57
HLTPKT	5.562	62,40	4.649,4	52,16	3.094	34,71
Ladang/Tegalan	572,5	6,42	901	10,11	1.524	17,10
Lahan Terbuka Diusahakan	96	1,08	167,6	1,88	641	7,19
Sawah	639	7,17	627	7,03	533	5,98
Semak/Belukar	74	0,83	89	1,00	95	1,07
Total	8.913	100	8.913	100	8.913	100

Tabel 7. Perubahan Penggunaan lahan di Sub DAS Biyonga Periode 2010-2020.

Penggunaan dan tutupan lahan	2010		2020		Perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Bangunan Permukiman	484	5,43	1.273	14,28	789	8,85
Danau	203,5	2,28	98	1,1	-105,5	-1,18
HLRPKS	1.282	14,38	1.655	18,57	373	4,18
HLTPKT	5.562	62,4	3.094	34,71	-2.468	-27,69
Ladang/Tegalan	572,5	6,42	1.524	17,1	951,5	10,68
Lahan Terbuka Diusahakan	96	1,08	641	7,19	545	6,11
Sawah	639	7,17	533	5,98	-106	-1,19
Semak/Belukar	74	0,83	95	1,07	21	0,24
Total	8.913	100	8.913	100	8.913	100



Gambar 3. Peta penggunaan dan tutupan lahan Sub DAS Biyonga.

Bangunan permukiman dalam periode 2010-2020 meningkat sebesar 8,85%. Peningkatan lahan bangunan permukiman di Sub DAS Biyonga sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk dan kebutuhan sumberdaya lahan, dimana terjadi peningkatan luas ladang/tegalan, lahan terbuka diusahakan, Lahan HLRPKS (hutan campuran) masing-masing sebesar +10,68%, +6,11% dan +4,18% dari kondisi penggunaan lahan tahun 2010. Peningkatan hutan campuran dan lahan terbuka diakibatkan oleh terkonversinya Hutan Lahan Tinggi Primer Kerapatan Tinggi (HLTPKT). Deforestasi pada periode 2010-2020 terjadi sangat signifikan. Penurunan luas penggunaan dan tutupan lahan HLTPKT seluas 2,468 ha (-27,69%), Sawah seluas 106 ha (-1,19%) dan Danau seluas 105,5 ha (-1,18%).

Penurunan HLTPKT diindikasikan terjadi akibat pembukaan lahan terbuka diusahakan (areal pertambangan) di daerah hulu Sub DAS Biyonga. Selain itu, pembukaan lahan pertanian kering juga semakin tinggi dikarenakan program Pemerintah Provinsi Gorontalo terkait diversifikasi pangan sehingga mendorong upaya pemerintah untuk meningkatkan produksi komoditas jagung. Luas danau pada periode 2010-2020 juga semakin menurun sebesar 105,5 ha (-1,18%). Menurunnya luas Danau Limboto terjadi akibat pendangkalan yang disebabkan tingginya sedimentasi yang masuk ke danau. Konversi penggunaan lahan hutan menjadi areal pertambangan dan pertanian menyebabkan terjadinya banjir, erosi dan sedimentasi pada musim hujan karena air hujan tidak meresap kedalam tanah namun langsung menjadi air limpasan (Kristofery et al., 2019). Hal tersebut yang menyebabkan partikel tanah ikut terbawa oleh arus air yang menyebabkan pendangkalan di Danau Limboto.

KESIMPULAN

Berdasarkan uji akurasi penggunaan lahan di Sub DAS Biyonga menunjukkan bahwa interpretasi citra Landsat tahun 2010, 2015 dan 2020 termasuk kategori sangat baik seperti ditunjukkan pada akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) tahun 2010, 2015 dan 2020 masing-masing sebesar 88,34%, 87,40% dan 85,40%. Akurasi kappa masing-masing tahun 2010, 2015 dan 2020 sebesar 85,70%, 84,50% dan 82,43%. Berdasarkan kategori kesesuaian akurasi kappa hasil uji termasuk kriteria hampir sempurna dan menandakan presentasi dari data yang reliabel mencapai 80-100% dengan citra Google Earth.

Hasil analisis perubahan penggunaan lahan di Sub DAS Biyonga periode 2010-2020 menunjukkan perubahan yang signifikan. Ladang/tegalan, lahan terbuka diusahakan, lahan HLRPKS (hutan campuran) memiliki peningkatan luas masing-masing sebesar masing-masing sebesar 10,68%, 6,11% dan 4,18%. Adapun hutan lahan tinggi primer kerapatan tinggi (HLTPKT), sawah dan danau mengalami penurunan luas masing-masing sebesar 27,69%, 1,19% dan 1,18%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Informasi Geospasial atas dukungan data dan fasilitas yang diberikan. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Mohammad Firman Wahyudi, S.T dan Vindiawati Tontooyo, S.Hut, M.Sc. atas bantuan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agbaogun, S.O. & Akintunde-Alo, D. 2020. Dynamics of Land Use Land Cover Change in Enugu City of Enugu State, Nigeria. *Research Square*, 1-12. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-70093/v1>.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2021. Banjir yang Berdampak pada 2.300 Warga Kabupaten Gorontalo Berangsur Surut. Diakses dari <https://www.bnpb.go.id/berita/banjir-yang-berdampak-pada-2-300-warga-kabupaten-gorontalo-berangsur-surut->.
- Badan Pusat Statistik. 2021. Kabupaten Gorontalo Dalam Angka 2021. Diakses dari <https://gorontalokab.bps.go.id/publication/2021/02/26/3df4eac97743389e111822da/kabupaten-gorontalo-dalam-angka-2021.html>.
- Collin, A., Nadaoka, K. & Nakamura, T. 2014. Mapping VHR Water Depth, Seabed and Land Cover Using Google Earth Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 3(4):1157-1179. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi3041157>.
- Fadhil, M.Y., Hidayat, Y. & Baskoro, DPT. 2021. Identifikasi Perubahan Penggunaan Lahan dan Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(2):213-220. DOI: <https://doi.org/10.18343/jipi.26.2.213>.
- Indrihastuti, D., Murti Laksono, K. & Tjahjono, B. 2016. Analisis Lahan Kritis dan Arahan Rehabilitasi Lahan dalam Pengembangan Wilayah Kabupaten Kendal Jawa Tengah. *Tata Loka*, 18(4):141-156.
- Kefi, C., Mabrouk, A., Halouani, N. & Ismail, H. 2021. Comparison of Pixel-Based and Object-Oriented Classification Methods for Extracting Built-Up Areas in Coastal Zone. *Environmental Science and Engineering*, 8(August):2151-2155. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-51210-1_336.
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2014. *Gerakan Penyelamat Danau (GERMADAN) Limboto*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Kristofery, L., Murti Laksono, K. & Baskoro, DPT. 2019. Simulasi Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi Daerah Aliran Sungai Ciliman. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 21(2):66-71. DOI: <https://doi.org/10.29244/jitl.21.2.66-71>.
- Nguyen, N., Ozarska, B., Macarthur Fergusson, M. & Vinden, P. 2018. Comparison of Two Dye Uptake Measurement Methods for Dyed Wood Veneer Assessment. *European Journal of Wood and Wood Products*, 76(6):1757-1759. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00107-018-1344-6>.
- Paiboonvorachat, C. & Oyana, T.J. 2011. Land-Cover Changes and Potential Impacts on Soil Erosion in the Nan Watershed, Thailand. *International Journal of Remote Sensing*, 32(21):6587-6609. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.512935>.
- Pulighe, G., Baiocchi, V. & Lupia, F. 2016. Horizontal Accuracy Assessment of Very High Resolution Google Earth Images in the City of Rome, Italy. *International Journal of Digital Earth*, 9(4):342-62. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538947.2015.1031716>.
- Purhartanto, L.N., Danoedoro, P. & Wicaksono, P. 2019. Kajian Transformasi Indeks Vegetasi Citra Satelit Sentinel-2A Untuk Estimasi Produksi Daun Kayu Putih Menggunakan Linear Spectral Mixture Analysis. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan (JNTT)*, 3(1):47-70. DOI: <https://doi.org/10.22146/jntt.56618>.
- Sampurno, R. & Thoriq, A. 2016. Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) di Kabupaten Sumedang. *Jurnal Teknotan*, 10(2):61-70. DOI: <https://doi.org/10.24198/jt.vol10n2.9>.
- Sarkar, A. 2018. Accuracy Assessment and Analysis of Land Use Land Cover Change Using Geoinformatics Technique in Raniganj Coalfield Area, India. *Environmental Sciences & Natural Resources*, 11(1):555805. DOI: <https://doi.org/10.19080/IJESNR.2018.10.55580>.
- Septiani, R., Citra, IPA. & Nugraha, ASA. 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. DOI: <https://doi.org/10.15294/jg.v16i2.19777>.
- Toth, C. & Józ ków, G. 2016. Remote Sensing Platforms and Sensors: A Survey. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 115:22-36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.10.004>.
- Viera, A.J. & Garrett, J.M. 2005. Understanding Interobserver Agreement: The Kappa Statistic. *Family Medicine*, 37(5):360-63.
- Wulder, M.A., Hilker, T., White, J.C., Coops, N.C, Masek, J.G., Pflugmacher, D. & Crevier, Y. 2015. Virtual Constellations for Global Terrestrial Monitoring. *Remote Sensing of Environment*, 170(December 2015):62-76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.09.001>.
- Wulder, M.A., Loveland, T.R., Roy, D.P, Crawford, C.J, Masek, J.G., Woodcock, C.E., Allen, R.G., Anderson, M.C., Belward, A.S., Cohen, W.B, Dwyer, J. Erb, A., Gao, F., Griffiths, P., Helder, D., Hermosilla, T., Hipple, J.D., Hostert, P., Hughes, M.J., Huntington, J., Johnson, D.M., Kennedy, R., Kilic, A., Li, Z., Lyburner, L., McCorkel, J., Pahlevan, N., Scambos, T.A., Schaaf, C., Schott, J.R., Sheng, Y., Storey, J., Vermote, E., Vogelmann, J., White, J.C., Wynne, R.H. & Zhu, Z. 2019. Current Status of Landsat Program, Science, and Applications. *Remote Sensing of Environment*, 225(November 2018):127-147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.015>.

Halaman ini sengaja kami kosongkan