Jurnal Plano Buana
Volume 7 Number 1 Tahun 2026, pp. 10-20
ISSN: 2746-2218
Terakreditasi "Peringkat 5" oleh Kemendiktisaintek, Nomor SK: 355/DST/D.D1/HM.01.01/2026
Open Access: https://jurnal.unipasby.ac.id/index.php/jurnal_plano_buana/index

Analisis Perubahan Penutup Lahan Berbasis Citra Satelit di Kecamatan Ubud Tahun 2020-2025

Niatus Sholikhah[1], Putra Ardi Hamzah[1], Dian Zumrotin Khoiriyah[1], Indriani Anggita Marsyilia[1], Zahra Amelia[1], Razita Dwi Khairina[1], Alfiyatus Shufiyah[1], Aldea Noor Alina[2]

[1] *Geography Education Department, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia*
[2] *Geographic Information Science Department, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia*

ARTICLE INFO

Article history:
Received July 1, 2026
Revised September 4, 2026
Accepted September 19,2026
Available online October 31, 2026

Kata Kunci:
klasifikasi lahan, maximum likelihood, tutupan lahan

Keywords:
Land classification, land cover, maximum likelihood

This is an open access article under the CC BY-SA license.

Copyright © 2026 by Author. Published by Universitas PGRI ADI BUANA SURABAYA.

ABSTRAK

Perubahan penutup lahan merupakan fenomena yang dipengaruhi oelh perkembangan aktifitas manusia dan berdampak pada kondisi lingkungan. Kecamatan Ubud sebagai kawasan pariwisata di Kabupaten Gianyar mengalami perkembangan infrastruktur dan aktifitas ekonomi yang berpotensi mengubah penutup lahannya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan penutup lahan tahun 2020-2025 menggunakan citra Sentinel-2A yang diperoleh melalui *Google Earth Engine*. Klasifikasi dilakukan dengan metode *Maximum Likelihood Classification*, sedangkan uji akurasi menggunakan *Compute Confusion Matrix* berdasarkan Parameter *Overall Accuracy, User Accuracy, Producer Accuracy*, dan *Kappa Accuracy*. Hasil klasifikasi menghasilkan empat kelas penutup lahan, yaitu sawah, permukiman, badan air, dan vegetasi lain, dengan nilai OA sebesar 92% dan Kappa sebesar 0,90 yang menunjukkan akurasi sangat kuat. Analisis ini menunjukkan luas sawah berkurang 190,200 ha, sedangkan badan air bertambah 448,314 ha selama periode penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ML efektif untuk memetakan dan menganalisis dinamika perubahan penutup lahan di Kecamatan Ubud.

ABSTRACT

Land cover change is phenomenon driven by the development of human activities and has significant impacts on environmental conditions. Ubud District, a tourism area in Gianyar Regency, has experienced rapid infrastructire development and economic growth, which have the potential to alter its land cover. This study aims to analyze land cover changes in Ubud District from 2020 to 2025 using Sentinel-2A Imagery obtained through Google Earth Engine. Land cover classification was performed by Maximum Likelihood Classification method, while classification accuracy was assessed using Compute Confusion matrix based on Overall Accuracy, User Accuracy, Produces Accuracy and Kappa Accuracy. The classification identified four land cover classes: paddy fields, settlements, water, and vegetation, with an OA of 92,5% and a Kappa coefficient of 0,90, indicating excellent classification accuracy. The result showed that paddy fields desreased by 190,200 ha, while water increased by 448,314 ha during the study period. These findings demonstrate that the ML method is effective for mapping and analyzing land cover change dynamics in Ubud District.

1. PENDAHULUAN

Perubahan penutup lahan merupakan fenomena yang terjadi seiring meningkatnya aktivitas manusia dan perkembangan wilayah, seperti berkurangnya vegetasi dan alih fungsi lahan pertanian menjadi kawasan terbangun. Kajian ini penting karena berkaitan dengan kondisi lingkungan, keseimbangan ekosistem, dan keberlanjutan pembangunan, di mana perubahan yang tidak terkendali dapat menurunkan kualitas lingkungan serta meningkatkan risiko kerusakan [1]. Selain itu, analisis perubahan penutup lahan diperlukan untuk mengetahui pola perubahan ruang dari waktu ke waktu

*Corresponding author.
E-mail addresses: niatus.23190@mhs.unesa.ac.id

sebagai dasar pengelolaan sumber daya, evaluasi tata ruang, dan perencanaan pembangunan berkelanjutan [2].

Kecamatan Ubud sebagai destinasi wisata budaya di Kabupaten Gianyar mengalami perkembangan wilayah yang pesat, didorong oleh pertumbuhan sektor pariwisata. Hal ini tercermin dari banyaknya fasilitas pendukung seperti akomodasi dan restoran, yang pada tahun 2020 masing-masing mencapai 1.184 unit dan 229 unit [3]. Selain itu, data BPS Kabupaten Gianyar tahun 2025 menunjukkan kepadatan penduduk sebesar 1.689 jiwa/km², dan emngalami peningkatan pesat hingga mencapai 1.450 unit dan 310 restoran [4]. Kondisi tersebut menunjukkan meningkatnya kebutuhan ruang terbangun yang berpotensi mendorong alih fungsi lahan, sehingga diperlukan kajian dinamika perubahan tutupan lahan periode 2020–2025.

Kesulitan dalam mengidentifikasi penutup lahan secara manual menjadi tantangan utama dalam pemetaan dan analisis perubahan penggunaan lahan. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan interpretasi visual dan digitasi manual yang membutuhkan ketelitian tinggi serta waktu pengerjaan yang lama, terutama pada wilayah dengan keragaman objek yang kompleks. Selain itu, klasifikasi manual sangat bergantung pada kemampuan interpreter sehingga berpotensi menimbulkan subjektivitas dan ketidakkonsistenan hasil [5]. Kondisi tersebut menjadikan metode ini kurang efisien untuk pemetaan skala luas maupun analisis multi-temporal, sehingga diperlukan metode klasifikasi yang lebih otomatis, efisien, dan konsisten [6].

Maximum Likelihood Classification (MLC) merupakan metode klasifikasi supervised berbasis probabilistik yang banyak digunakan dalam pemetaan penutup lahan. Metode ini menentukan kelas piksel berdasarkan distribusi statistik, serta terbukti mampu menghasilkan akurasi yang baik sehingga masih relevan digunakan dalam analisis perubahan tutupan lahan dan sebagai pembanding dalam klasifikasi citra [7].

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memetakan tutupan lahan di Kecamatan Ubud secara multitemporal periode 2020–2025 menggunakan citra Sentinel-2A dengan algoritma Maximum Likelihood Classification (MLC). Selain itu, penelitian ini menganalisis dinamika perubahan tutupan lahan untuk mengetahui besaran, arah, dan pola perubahan yang terjadi [8]. Evaluasi akurasi dilakukan melalui Confusion Matrix berbasis survei lapangan guna memperoleh nilai Overall Accuracy dan Kappa Coefficient sebagai indikator keandalan hasil klasifikasi [5]. Dibandingkan penelitian sebelumnya di Bali yang umumnya menggunakan citra Landsat beresolusi 30 m atau cakupan wilayah luas, penelitian ini menawarkan kebaruan melalui pemanfaatan Sentinel-2A beresolusi 10 m dengan pendekatan multitemporal 2020–2025 sehingga menghasilkan pemetaan yang lebih detail dan mutakhir [9]. Pendekatan dalam penelitian ini memiliki detail spasial yang lebih tinggi, dan konsistensinya dalam pemetaan multitemporal. Akan tetapi, penggunaan Maximum Likelihood berbasis miltispektral memiliki kelemahan berupa kerentanan terhadap spektral overlap akibat adanya efek bayangan serta campuran piksel antara satu kelas penutup lahan dengan kelas lainnya.

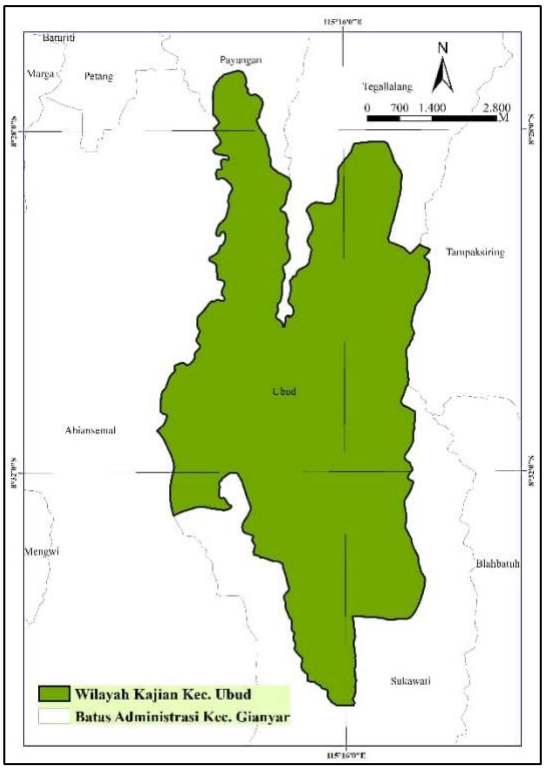
Kebaruan penelitian ini terletak pada evaluasi akurasi menggunakan Confusion Matrix yang divalidasi melalui survei lapangan, sehingga menghasilkan tingkat akurasi yang lebih representatif dibandingkan validasi sekunder. Kombinasi citra resolusi tinggi, algoritma MLC, dan validasi lapangan memberikan kontribusi dalam pengembangan metode pemetaan tutupan lahan pada skala kecamatan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan dan Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan spasial untuk menganalisis perubahan penutup lahan di Kecamatan Ubud periode 2020–2025 menggunakan citra Sentinel-2. Pendekatan ini digunakan untuk mengidentifikasi persebaran tutupan lahan, menganalisis perubahan tiap kelas, serta mengevaluasi akurasi hasil klasifikasi.

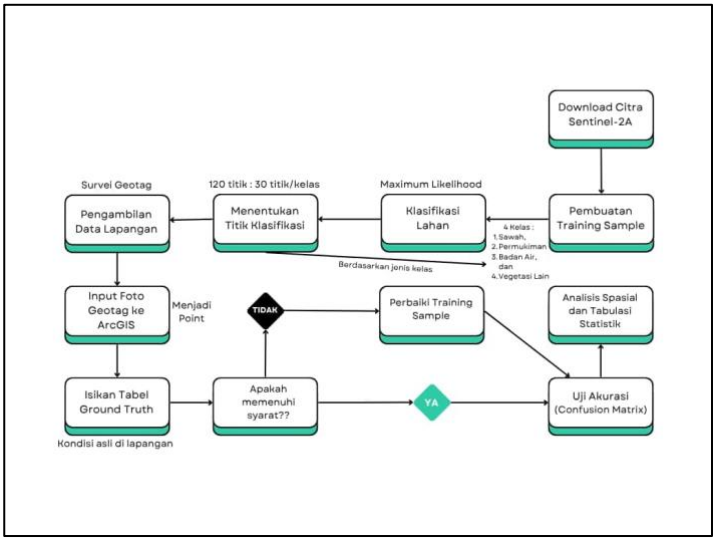
Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Ubud, Kabupaten Gianyar, Bali, yang dipilih karena merupakan kawasan wisata budaya dengan perubahan penggunaan lahan yang pesat. Lokasi penelitian berada pada koordinat 8°27'17"–8°34'43" LS dan 115°13'45,7"–115°16'51,7" BT dengan luas sekitar 42,38 km². Secara administratif, wilayah ini mencakup tujuh desa dan satu kelurahan, yaitu Lodtunduh, Mas, Peliatan, Singakerta, Petulu, Sayan, Kedewatan, dan Kelurahan Ubud. [4].



Sumber: Peneliti, 2026

Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Tahapan pada penelitian ini meliputi pengumpulan data, pra-pengolahan citra, klasifikasi penutup lahan menggunakaan algoritma *Maximum Likelihood Classification*, validasi lapangan, analisis perubahan dengan metode *Post-Classification Comparison*, serta uji akurasi menggunakan *Confusion Matrix*.



Sumber : Peneliti, 2026

Gambar 2. Tahapan Penelitian

2.2 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data sekunder yaitu citra Sentinel-2 yang diperoleh melalui platform Google Earth Engine dengan persentase tutupan awan kurang dari 10%. Penelitian ini juga memanfaatkan data batas administrasi Kecamatan Ubud dalam bentuk *shapefile* sebagai batas pemotongan citra (*clipping*).

Berikut merupakan *link script* yang digunakan untuk mengunduh citra melalui Google Earth Engine. https://code.earthengine.google.com/df01661afb6b91ed8a69d02e43e49015

Data primer diperoleh melalui validasi lapangan (*ground truth*) pada titik sampel hasil klasifikasi yang ditentukan dengan metode *equal random sampling* untuk memastikan representasi setiap kelas tutupan lahan secara merata dan mengurangi bias [10]. Setiap titik didokumentasikan menggunakan aplikasi GPS Map Camera untuk merekam koordinat geografis dan foto kondisi lapangan sebagai data pendukung interpretasi serta validasi akurasi. Data hasil survei kemudian digunakan sebagai dasar dalam proses uji akurasi klasifikasi tutupan lahan.

2.3 Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Indikator	Sumber Data
Penutup lahan	Sawah Permukiman Badan Air Vegetasi lain	Citra Sentinel-2
Akurasi kasifikasi	Overall Accuracy User's Accuracy Producer's Accuracy Kappa Coefficient	Ground Truth

Sumber: Peneliti, 2026

2.4 Metode Analisis Data

2.4.1 Pra-pengolahan citra

Citra Sentinel-2A digunakan karena telah terkoreksi atmosfer secara otomatis hingga tingkat *Bottom Of Atmosphere* (BOA) menggunakan algoritma Sen2Cor. Proses ini berfungsi mengurangi dampak atmosfer seperti aerosol, dan uap air, yang dapat memengaruhi kualitas nilai spektral citra. Hal ini bertujuan agar nilai reflektansi permukaan yang dihasilkan lebih akurat untuk analisis tutupan lahan [11].

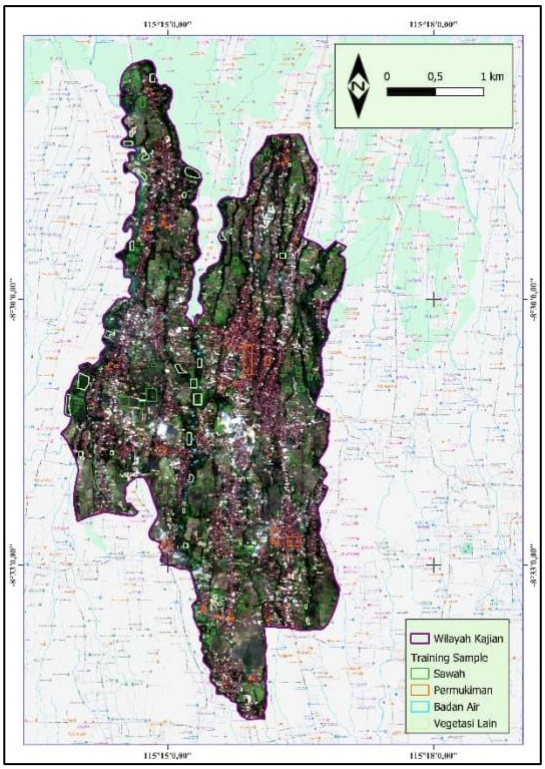
Pemotongan (*clipping*) area penelitian dilakukan melalui *Google Earth Engine* menggunakan *Shapefile* (SHP) batas administrasi Kecamatan Ubud di GEE Assets. Proses ini bertujuan meningkatkan efisiensi penolahan data agar hasil klasifikasi lebih fokus pada area kajian.

Penentuan sampel acuan (*training sample*) secara manual dipermudah dengan visualisasi citra melalui kombinasi warna (*True Color Composite*). Dengan perpaduan Band 4 (Merah), Band 3 (Hijau), dan Band 2 (Biru), objek seperti vegetasi, air, pemukiman, dan lahan terbuka, akan tampak sesuai kondisi yang sebenarnya sehingga meminimalkan kesalahan klasifikasi [1].

2.4.2 Klasifikasi penutup lahan

Klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan cara *supervised classification* menggunakan algoritma *Maximum Likelihood Classification*. Metode berbasis statistik probabilitas ini mengidentifikasi karakteristik spektral setiap jenis tutupan lahan dari data *training sample*, lalu mengelompokkan setiap piksel ke dalam kelas dengan peluang kesamaan tertinggi. Oleh karena itu, proses klasifikasi bisa dilakukan dengan lebih terarah dan teratur [12]. Metode ini dipilih untuk mengelompokkan piksel citra ke dalam kelas penutup lahan berdasarkan probabilitas statistik dari setiap kelas yang telah ditentukan sebelumnya melalui *training sample* [13].

Maximum likelihood digunakan karena proses komputasi yang efisien untuk *training sample* terbatas dibandingkan algoritma *machine learning* lainnya. Metode ini juga memiliki kemampuan yang baik dalam memiskan objek dengan karakteristik spektral yang berbeda citra multispektral Sentinel-2A, sehingga mampu memberikan akurasi tinggi pada analisis perubahan tutupan lahan [14].



Sumber : Peneliti, 2026

Gambar 3. Peta Sebaran Training Sample Klasifikasi

Pada algoritma *Maximum Likelihood Classification*, *training sample* berfungsi sebagai data masukan (*input*) untuk membentuk karakteristik statistik setiap kelas tutupan lahan. Karakteristik tersebut digunakan untuk menghitung probabilitas setiap piksel terhadap seluruh kelas yang tersedia, sehingga piksel dapat dikelompokkan ke dalam kelas dengan probabilitas tertinggi.

Tabel 2. Jumlah *Pixel Count Training Sample* Tahun 2020

Penutup Lahan	Pixel Count
Sawah	13.475
Permukiman	4.643
Badan Air	183
Vegetasi Lain	7.235

Sumber: Peneliti, 2026

Tabel 3. Jumlah *Pixel Count Training Sample* Tahun 2025

Penutup Lahan	Pixel Count
Sawah	3.214
Permukiman	3.186
Badan Air	115
Vegetasi Lain	4.460

Sumber: Peneliti, 2026

Berdasarkan *Training Sample Manager*, nilai *pixel count* menunjukkan jumlah piksel sampel yang digunakan untuk merepresentasikan setiap kelas tutupan lahan. Pada Tabel 1, kelas sawah memiliki jumlah piksel sampel terbesar yaitu 13.475 piksel, sedangkan kelas badan air memiliki jumlah piksel sampel terkecil yaitu 183 piksel. Sementara itu, pada Tabel 2, jumlah piksel sampel terbesar terdapat pada kelas vegetasi lain sebanyak 4.460 piksel dan jumlah piksel sampel terkecil terdapat pada kelas badan air sebanyak 115 piksel. Variasi jumlah *pixel count* antar kelas menunjukkan perbedaan tingkat keterwakilan sampel yang digunakan dalam proses klasifikasi.

2.4.3 Analisis perubahan penutup lahan

Analisis perubahan tutupan lahan periode 2020-2025 dilakukan melalui metode *Post-Classification Comparison*. Pendekatan ini efektif untuk menyajikan informasi mendetail mengenai arah serta kuantitas perubahan spasial yang terjadi pada setiap kelas tutupan lahan [15].

Tahap awal pemetaan dilakukan klasifikasi citra Sentinel-2A periode 2020 dan 2025 menggunakan algoritma *Maximum Likelihood Classification* (MLC) ke dalam empat kelas, yaitu sawah, permukiman, badan air, dan vegetasi lain. Hasil klasifikasi ini menjadi dasar analisis dinamika lahan, mengoptimalkan resolusi spasial dan spektral tinggi dari Sentinel-2A untuk mendeteksi perubahan secara akurat [1].

Selanjutnya, melalui *overlay* dan *intersect* peta tahun 2020 dan 2025, disusun *change matrix* untuk menghitung kuantitas serta arah spasial empat kelas tutupan lahan utama sebagai indikator dinamika perkembangan wilayah Kecamatan Ubud.

2.4.4 Uji Akurasi

Uji akurasi dibuat dengan Metode *accuracy assessment* menggunakan *Compute Confusion Matrix* untuk membandingkan hasil klasifikasi dengan data referensi lapangan (*ground truth*). Proses ini mengevaluasi validitas klasifikasi, dimana akurasi yang tinggi mencerminkan kualitas kesesuaian data dengan kondisi di lapangan [16].

Survei lapangan dengan mengambil sampel referensi tiap kelas tutupan lahan. Meskipun keterbatasan waktu dan aksesibilitas membatasi pemerataan sebaran titik sampel, representasi seluruh kelas tetap dipertahankan demi mendukung uji akurasi hasil klasifikasi.

Evaluasi hasil klasifikasi secara kuantitatif memanfaatkan *Confusion Matrix* melalui empat parameter, yaitu *Overall Accuracy* (OA), *Producer Accuracy* (PA), *User Accuracy* (UA), dan *Kappa Coeffisient* yang merupakan indikator umum dalam evaluasi hasil klasifikasi tutupan lahan berbasis penginderaan jauh [17].

A. *Overall Accuracy* (OA): Mengukur persentase total sampel yang benar diklasifikasikan dari seluruh sampel (*N*).

Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$Overall\ Accuracy = \frac{D}{N} \times 100\%$$

dengan D adalah total sampel yang diklasifikasi dan N adalah total keseluruhan sampel.

B. *Producer Accuracy* (PA): Mengukur kesalahan pengabaian (*error of omission)* atau peluang objek lapangan diklasifikasikan ke kelas yang benar.

Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$Producer\ Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_i} \times 100\%$$

dengan Xii adalah jumlah piksel yang diklasifikasikan dengan benar pada baris ke-I dan kolom ke-i dan N adalah total piksel yang hasil klasifikasi pada baris ke-i.

C. *User Accuracy* (UA): Mengukur kesalahan penyusupan (*error of commission*) atau peluang piksel hasil klasifikasi dengan kondisi sebenernya dilapangan.

Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$User\ Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_i} \times 100\%$$

dengan Xii adalah jumlah piksel yang diklasifikasikan dengan benar pada baris ke-I dan kolom ke-i dan N adalah total piksel yang hasil klasifikasi pada baris ke-i.

D. Kappa Coefficien: Mengukur tingkat kesesuaian hasil klasifikasi dengan data referensi di luar faktor kebetulan (*chance agreement*). Semakin mendekati nilai 1, maka tingkat kesesuaian antara hasil klasifikasi dan kondisi lapangan semakin baik. Interpretasi nilai Kappa antara lain:

Tabel 4. Tingkat Kesesuaian Nilai Kappa

Nilai Kappa	Tingkat Kesesuaian
< 0,40	Rendah
0,40–0,60	Sedang
0,60–0,80	Kuat
0,80	Sangat Kuat

Sumber: Peneliti, 2026

Nilai Kappa > 0,80 menunjukkan tingkat kesepakatan yang sangat kuat antara hasil klasifikasi dan kondisi sebenarnya di lapangan. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Kappa\ Accuracy = \frac{\sum_{i=1}^{r} X_{ii} - \sum_{i=1}^{r}(X_i \times X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^{r}(X_i \times X_{+i})}$$

Penggunaan *Confusion Matrix* dengan parameter OA, PA, UA, dan Kappa umum digunakan karena mampu menggambarkan reliabilitas dan ketelitian hasil klasifikasi secara kuantitatif [18].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Klasifikasi Penutup Lahan Maximum Likelihood

Hasil klasifikasi penutup lahan tahun 2020 dan 2025 menggunakan algoritma Maximum Likelihood Classification (MLC) menunjukkan adanya perbedaan terhadap distribusi kelas penutup lahan di wilayah Kecamatan Ubud. Hal tersebut ditunjukkan oleh tabel berikut.

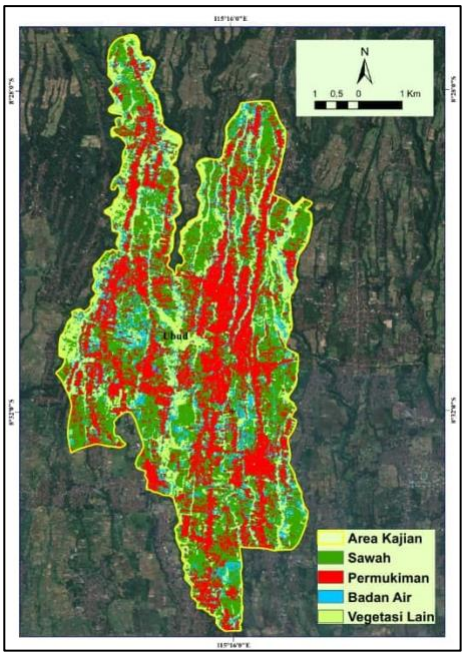
Tabel 5. Perubahan Luas Area Penutup Lahan Tahun 2020 dan 2025

Penutup Lahan	Area_2020	Area_2025
Sawah	1548,885	1358,684
Permukiman	1472,535	1085,792
Badan Air	511,583	959,897
Vegetasi Lain	848,629	977,202
Total Luas	**4381,6**	**4381,6**

Sumber : Penulis, 2026

Berdasarkan hasil klasifikasi Maximum Likelihood Classification (MLC) pada **Tabel 4**, tahun 2020 penutup lahan terluas di Kecamatan Ubud adalah sawah seluas 1.548,885 ha, diikuti permukiman 1.472,535 ha, vegetasi lain 848,629 ha, dan badan air 511,583 ha. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada awal periode pengamatan, Ubud masih didominasi lahan pertanian sawah yang tersebar cukup merata. Pada tahun 2025, sawah tetap menjadi kelas terluas dengan luas 1.358,684 ha, namun berkurang 190,201 ha dibanding tahun 2020. Permukiman juga menurun menjadi 1.085,792 ha. Sebaliknya, badan air meningkat signifikan menjadi 959,897 ha, sedangkan vegetasi lain naik menjadi 977,202 ha. Perubahan ini menunjukkan adanya dinamika penggunaan lahan di Kecamatan Ubud akibat perkembangan pariwisata dan pembangunan infrastruktur selama periode 2020–2025.

Secara spasial, pada tahun 2020 sawah tersebar luas di hampir seluruh Kecamatan Ubud, terutama di bagian tengah hingga selatan seperti Desa Mas, Peliatan, dan Lodtunduh, dengan permukiman terkonsentrasi di sepanjang jalan utama di pusat kecamatan, vegetasi lain dominan di wilayah utara seperti Desa Petulu dan Kedewatan, serta badan air mengikuti aliran sungai dari utara ke selatan; pada tahun 2025, luas sawah di bagian tengah dan selatan berkurang dan berubah menjadi permukiman serta badan air, permukiman meluas ke arah selatan dan timur menuju pusat wisata Ubud, sementara vegetasi lain di utara relatif tetap meskipun mulai terfragmentasi, sehingga perubahan terbesar terjadi di bagian tengah hingga selatan akibat meningkatnya kebutuhan ruang untuk fasilitas wisata dan permukiman. Berdasarkan analisis *Post-Classification Comparison*, terdeteksi adanya fenomena *misclassification* seperti terbacanya luasan permukiman yang menurun serta tingginya konversi dari permukiman dan sawah menjadi badan air. Kondisi lapangan sebenarnya luasan permukiman di kawasan pariwisata Ubud tidak mengalami penurunan fisik, sehingga kesalahan klasifikasi ini murni dipengaruhi oleh keterbatasan spektral dari algoritma *Maximum Likelihood Classification*. Kesalahan tersebut dipicu oleh efek bayangan dari bangunan tinggi atau tajuk vegetasi rapat yang menurunkan nilai pantulan spektral sehingga teridentifikasi sebagai badan air, serta fenomena piksel campuran pada sawah berair dan permukiman dengan pekarangan vegetasi rapat . Untuk meminimalkan kesalahan klasifikasi pada kajian mendatang, langkah yang dapat ditempuh adalah menerapkan indeks transformasi spektral tambahan seperti *Normalized Difference Vegetation Index*, *Normalized Difference Water Index*, dan *Normalized Difference Built-up Index* , mengadopsi algoritma *Machine Learning* non-parametrik seperti *Random Forest* atau *Support Vector Machine*, serta menambahkan skema *stratified sampling* dan koreksi topografi



Sumber : Peneliti, 2026

Gambar 4. Peta Klasifikasi Penutup Lahan

Peta hasil klasifikasi menunjukkan sebaran empat kelas penutup lahan, yaitu sawah, permukiman, badan air, dan vegetasi lain, pada tahun 2020 sawah mendominasi hampir seluruh wilayah Ubud dan membentuk hamparan luas yang terpotong oleh permukiman dan sungai, permukiman mengikuti pola jalan dan terkonsentrasi di pusat kecamatan, vegetasi lain dominan di wilayah utara dan barat laut yang bertopografi lebih tinggi, serta badan air memanjang mengikuti aliran sungai dari utara ke selatan.

Perbandingan peta tahun 2020 dan 2025 menunjukkan berkurangnya luas sawah, terutama di bagian tengah dan selatan wilayah. Area tersebut berubah menjadi permukiman dan badan air yang semakin meluas. Vegetasi lain di wilayah utara relatif stabil meskipun beberapa area mulai terfragmentasi. Secara keseluruhan, perubahan paling aktif terjadi di zona tengah Kecamatan Ubud yang menjadi pusat aktivitas pariwisata dan pembangunan.

3.2 Hasil Uji Akurasi

Uji akurasi digunakan untuk mengetahui tingkat keakuratan atau ketelitian hasil klasifikasi penutup lahan pada citra tahun 2025, hasil uji akurasi di hitung menggunakan *tools Compute Confusion Matrix* di aplikasi ArcGIS. Perhitungan ini juga dilakukan untuk membandingkan antara hasil klasifikasi citra dengan data *ground truth* atau kondisi asli di lapangan, sehingga dapat diketahui tingkat kesesuaian klasifikasi penutup lahan. Tabel hasil uji akurasi ditampilkan sebagai berikut.

Tabel 6. *Confusion Matrix*

ClassValue	Sawah	Permukiman	Badan Air	Vegetasi Lain	Total	U_Accuracy	Kappa
Sawah	29	0	0	1	30	0,967	0
Permukiman	1	29	0	0	30	0,967	0
Badan Air	0	0	30	0	30	1	0
VegetasiLain	1	3	3	23	30	0,767	0
Total	31	32	33	24	120	0	0
P_Accuracy	0,935	0,906	0,909	0,958	0	0,925	0
Kappa	0	0	0	0	0	0	0,9

Sumber : Peneliti, 2026

Berdasarkan **Tabel 5**, uji akurasi klasifikasi penutup lahan menggunakan confusion matrix menghasilkan Overall Accuracy (OA) sebesar 92,5% dan Kappa Accuracy 0,90. Nilai tersebut

menunjukkan bahwa hasil klasifikasi MLC memiliki tingkat kesesuaian yang sangat kuat dengan kondisi lapangan.

User Accuracy (UA) tertinggi terdapat pada kelas badan air sebesar 100%, sedangkan sawah dan permukiman masing-masing sebesar 96,7%. Vegetasi lain memiliki UA terendah, yaitu 76,7%, akibat kemiripan karakteristik spektral dengan kelas lain. Untuk Producer Accuracy (PA), vegetasi lain memperoleh nilai tertinggi sebesar 95,8%, diikuti sawah 93,5%, badan air 90,9%, dan permukiman 90,6%. Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa algoritma MLC pada citra Sentinel-2A mampu menghasilkan peta penutup lahan dengan akurasi yang baik sehingga layak digunakan untuk analisis perubahan penggunaan lahan di Kecamatan Ubud.

3.3 Perhitungan Dinamika Perubahan Lahan

Perubahan Penutup lahan dianalisis dengan cara membandingkan hasil klasifikasi tahun 2020 dan 2025 untuk mengetahui dinamika perubahan lahan di Kecamatan Ubud. Tabel luasan perubahan penutup lahan disajikan sebagai berikut.

Tabel 7. Tabel Perubahan Luasan Penutup Lahan Kecamatan Ubud

Penutup Lahan	Area_2020	Area_2025	Perubahan
Sawah	1548,885	1358,684	-190,200
Permukiman	1472,535	1085,792	-386,743
Badan Air	511,583	959,897	+448,314
Vegetasi Lain	848,629	977,202	+128,573
Total	**4381,6**	**4381,6**	**-0,056**

Sumber : Peneliti, 2026

Berdasarkan **Tabel 6**, kelas badan air menunjukkan perubahan luas yang paling besar antara tahun 2020 hingga 2025, yaitu bertambah sebesar 448,314 ha dari 511,583 ha menjadi 959,897 ha. Pada saat yang sama, kelas permukiman mengalami penurunan yang signifikan yaitu sebesar 386,743 ha, dari 1.472,535 ha menjadi 1.085,792 ha. Di sisi lain, kelas sawah mengalami pengurangan seluas 190,200 ha, dan kelas vegetasi lainnya hanya bertambah sedikit sebesar 128,573 ha. Pola perubahan ini menunjukkan bahwa pergerakan tutupan lahan di Kecamatan Ubud selama periode pengamatan didominasi oleh perubahan pada kelas badan air serta penurunan pada kelas permukiman.

Selain tabel perubahan luasan penutup lahan seperti pada **Tabel 6**, analisis juga dilakukan melalui tabel yang menunjukkan luasan penutup lahan tetap maupun yang mengalami perubahan. Tabel tersebut dihasilkan dari proses *Intersect* antara data *shapefile/polygon* penutup lahan tahun 2020 dan 2025 yang telah di ubah dari *raster* menjadi *shapefile/polygon* untuk di analisis lebih lanjut. Tabel tersebut disajikan sebagai berikut.

Tabel 8. Tabel Luas Perubahan Penutup Lahan Kecamatan Ubud Tahun 2020 - 2025

Lahan_2020	Lahan_2025	Perubahan_Ha
Sawah	Sawah	813,239
Sawah	Permukiman	167,528
Sawah	Badan Air	343,264
Sawah	Vegetasi Lain	223,645
Permukiman	Sawah	316,798
Permukiman	Permukiman	847,289
Permukiman	Badan Air	223,193
Permukiman	Vegetasi Lain	84,754
Badan Air	Sawah	125,540
Badan Air	Permukiman	49,112
Badan Air	Badan Air	204,766
Badan Air	Vegetasi Lain	130,645
Vegetasi Lain	Sawah	102,334
Vegetasi Lain	Permukiman	21,313
Vegetasi Lain	Badan Air	187,016
Vegetasi Lain	Vegetasi Lain	535,424

Sumber : Peneliti, 2026

Berdasarkan **Tabel 7**, lahan yang paling banyak berfungsi tetap dalam kategori yang sama adalah permukiman dengan luas 847,289 ha, diikuti oleh sawah seluas 813,239 ha dan vegetasi lainnya seluas 535,424 ha, sedangkan badan air tercatat sebagai yang memiliki luas tetap terendah yaitu 204,766 ha. Konversi perubahan dari sawah menjadi badan air merupakan pergeseran antar kelas yang paling signifikan dengan rincian luas 343,264 ha, diikuti dengan peralihan permukiman menjadi sawah sebesar 316,798 ha dan dari sawah menjadi vegetasi lainnya seluas 223,645 ha. Untuk konversi dengan luas terkecil, terjadi pada pergeseran vegetasi lain menjadi permukiman, yang hanya mencapai 21,313 ha. Secara keseluruhan, **Tabel 7** menunjukkan bahwa mayoritas wilayah Kecamatan Ubud masih mempertahankan kategori penutup lahannya, meskipun perubahan antar kelas masih berlangsung dengan tingkat yang bervariasi di setiap kombinasi kelas.

Berdasarkan hasil keseluruhan analisis perubahan penutup lahan, ditemukan adanya *misclassification* atau kesalahan klasifikasi, terutama pada perubahan sawah menjadi badan air dengan luasan yang cukup besar. Namun, kondisi ini tidak sepenuhnya mencerminkan perubahan aktual di lapangan, melainkan dipengaruhi oleh faktor dalam proses klasifikasi citra. Beberapa badan air yang tertutup vegetasi atau semak memiliki karakteristik spektral yang mirip dengan sawah sehingga teridentifikasi sebagai sawah, sedangkan area sawah yang terkena bayangan pepohonan atau semak menghasilkan spektral yang menyerupai badan air sehingga terklasifikasikan sebagai badan air. Hal ini menunjukkan adanya bias spektral yang dipengaruhi oleh bayangan dan tutupan vegetasi lain, serta diperkuat oleh keterbatasan waktu dan aksesibilitas dalam proses validasi lapangan.

4. KESIMPULAN

Klasifikasi Maximum Likelihood (MLC) mengunakan citra Sentinel-2A berhasil memetakan empat kelas tutupan lahan (sawah, permukiman, badan air, vegetasi lain) di Kecamatan Ubud tahun 2020 dan 2025 dengan akurasi tinggi. Uji akurasi/uji validasi menghasilkan nilai *Overall Accuracy* (OA) 92,5%, *User Accuracy* (UA) 76,7% - 96,7%, *Producer Accuracy* (PA) 90,6% - 95,8%, dan *Kappa Coefficient* 0,90. Nilai ini menunjukkan kesesuaian yang sangat kuat dengan kondisi di lapangan, sehingga layak digunakan sebagai dasar analisis dinamika perubahan penutup lahan.

Sepanjang periode 2020-2025, luas sawah di Kecamatan Ubud berkurang 190,200 Ha, sedangkan badan air meningkat 448,264 Ha. Tren utama *Change Matrix* didominasi oleh perubahan sawah menjadi badan air seluas 343,264 Ha serta permukiman seluas 167,528 Ha. Tingginya angka konversi tersebut diidentifikasi sebagai bias spektral akibat overlap pantulan objek dengan bayangan vegetasi air. Oleh karena itu, peningkatan akurasi pada kajian berikutnya memerlukan ekspansi kuantitas dan distribusi spasial titik sample.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi S1 Pendidikan Geografi Universitas Negeri Surabaya, Panitia PLK Analisis Wilayah 2026, serta seluruh anggota Kelompok 1 2023B atas dukungan akademis, fasilitas koordinasi, akomodasi, dan kolaborasi aktif selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. Phiri, M. Simwanda, S. Salekin, V. R. Nyirendra, Y. Murayama, and M. Ranagalage, "remote sensing Sentinel-2 Data for Land Cover / Use Mapping : A Review," *Remote Sens.*, vol. 12, no. 2291, pp. 1–35, 2020, doi: 10.3390/rs12142291.

[2] F. L. Hakim, T. Osawa, and I. W. S. Adnyana, "SHORELINE CHANGE ANALYSIS USING DIGITAL SHORELINE ANALYSIS SYSTEM METHOD IN SOUTHEAST BALI ISLAND," *ECOTROPHIC*, vol. 15, no. 1, pp. 61–74, 2021, doi: 10.24843/ejes.2021.v15.i01.p06.

[3] Badan Pusat Statistik Kabupaten Gianyar, "Kecamatan Ubud Dalam Angka 2020," Gianyar, 2020. [Online]. Available: https://gianyarkab.bps.go.id

[4] Badan Pusat Statistik Kabupaten Gianyar, "Kecamatan ubud dalam angka 2025," Gianyar, 2025. [Online]. Available: https://gianyarkab.bps.go.id

[5] I. L. Sari, C. J. Weston, G. J. Newnham, and L. Volkova, "Assessing Accuracy of Land Cover Change Maps Derived from Automated Digital Processing and Visual Interpretation in Tropical Forests in Indonesia," *Remote Sens.*, vol. 13, no. 1446, pp. 1–18, 2021, doi: 10.3390/rs13081446.

[6] A. Tarko, N. Tsendbazar, S. De Bruin, and K. B. Arnold, "Producing consistent visually interpreted land

cover reference data : learning from feedback," *Int. J. Digit. Earth*, vol. 14, no. 1, pp. 52–70, 2021, doi: 10.1080/17538947.2020.1729878.

[7] A. Arfa and M. Minaei, "ScienceDirect Utilizing multitemporal indices and spectral bands of Sentinel-2 to enhance land use and land cover classification with random forest and support vector machine," *Adv. Sp. Res.*, vol. 74, pp. 5580–5590, 2024, doi: 10.1016/j.asr.2024.08.062.

[8] I. N. P. Indrawan, Widiatmaka, and B. H. Trisasongko, "Land use land cover change in Badung Regency , Bali," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/950/1/012096.

[9] S. Talukdar, P. Singha, S. Mahato, S. Pal, Y.-A. Liou, and A. Rahman, "Land-Use Land-Cover Classification by Machine Learning Classifiers for Satellite Observations — A Review," *Remote Sens.*, vol. 12, pp. 1–24, 2020, doi: 10.3390/rs12071135.

[10] S. Dong, Z. Chen, B. Gao, H. Guo, and D. Sun, "Stratified even sampling method for accuracy assessment of land use / land cover classification : a case study of Beijing , China," *Int. J. Remote Sens.*, vol. 41, no. 16, pp. 6427–6443, 2020, doi: 10.1080/01431161.2020.1739349.

[11] P. Potapov *et al.*, "Landsat Analysis Ready Data for Global Land Cover and Land Cover Change Mapping," *Remote Sens.*, vol. 12, no. 426, pp. 1–24, 2020, doi: 10.3390/rs12030426.

[12] A. N. Alina, L. M. Jaelani, N. Hayati, and M. A. Syariz, "Accuracy Results Comparison of Machine Learning Classification for Mangroves on Worldview-2 Satellite Imagery," *IEEE Asia-Pacific Conf. Geosci. Electron. Remote Sens. Technol. (AGERS),Manado, Indones.*, pp. 44–31, 2024, doi: 10.1109/agers65212.2024.10932968.

[13] S. Shetty, P. K. Gupta, and M. Belgiu, "Assessing the Effect of Training Sampling Design on the Performance of Machine Learning Classifiers for Land Cover Mapping Using Multi-Temporal Remote Sensing Data and Google Earth Engine," *Remote Sens.*, vol. 13, 2021, doi: 10.3390/rs13081433.

[14] R. F. B. Marujo, J. G. Fronza, A. R. Soares, G. R. Queiroz, and K. R. Ferreira, "Evaluating The Impact Of Lasrc And Sen2cor Atmospheric Correction Algorithms On Landsat-8 / Oli And Sentinel-2 / Msi Data Over Aeronet Stations In Brazilian Territory," *SPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, vol. V, no. 3, pp. 271–277, 2021, doi: 10.5194/isprs-annals-v-3-2021-271-2021.

[15] F. Pech-May, R. Aquino-Santos, G. Rios-Toledo, and J. P. F. Posadas-Durán, "Mapping of Land Cover with Optical Images, Supervised Algorithms, and Google Earth Engine," *Sensors*, vol. 22, no. 4729, pp. 1–19, 2022, doi: 10.3390/s22134729.

[16] S. Yousefi *et al.*, "Image Classification and Land Cover Mapping Using Sentinel-2 Imagery : Optimization of SVM Parameters," *land*, vol. 11, no. 993, pp. 1–14, 2022, doi: 10.3390/land11070993.

[17] M. Amani *et al.*, "Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications : A Comprehensive Review," *IEEE Internet Things J.*, vol. 8, no. 12, pp. 1–26, 2020, doi: 10.1109/JSTARS.2020.3021052.

[18] K. Cheng, J. Ling, T. Lin, Y. Liu, and Y. Shen, "Quantifying Uncertainty in Land-Use / Land-Cover Classi fi cation Accuracy : A Stochastic Simulation Approach," *Front. Environ. Sci.*, vol. 9, pp. 1–18, 2021, doi: 10.3389/fenvs.2021.628214.