

# PEMANFAATAN CITRA SENTINEL-2 UNTUK DETEKSI AWAL PERMUKIMAN KUMUH DI SEBAGIAN KOTA DENPASAR MENGGUNAKAN *OBJECT-BASED IMAGE ANALYSIS* DAN ALGORITMA *MACHINE LEARNING*

Akbar Cahyadhi Pratama Putra<sup>1</sup>, Wahyudi Arimbawa<sup>2</sup>, Tantri Utami Widhaningtyas<sup>3</sup>, dan Trida Ridho Fariz<sup>4</sup>

Email : akbarcahyadhi@gmail.com<sup>1</sup>, wahyudiarimbawa@unhi.ac.id<sup>2</sup>, tantriotamiw@gmail.com<sup>3</sup>, dan trida.ridho.fariz@mail.unnes.ac.id<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Sistem Informasi dan Data Balai Wilayah Sungai Bali- Penida

<sup>2</sup> Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia

<sup>3</sup> Survey dan Pemetaan Badan Pertanahan Nasional Kabupaten Gianyar

<sup>4</sup> Jurusan IPA Terpadu Universitas Negeri Semarang

## Abstract

Mapping and identification are the initial stages of a slum upgrading program. Slums are settlements that are uninhabitable due to building irregularities, high building density, and inadequate building quality, facilities, and infrastructure. Denpasar City is one of the largest cities in Indonesia and is not free from slum problems. This study aims to detect the presence of slums in Denpasar City using a remote sensing approach. The image used in this study is Sentinel 2. The methods used are object-based image analysis and machine learning algorithms. The algorithm used SVM (Support Vector Machine) and random forests. The slum detection results of the SVM (Support Vector Machine) and random forest algorithms, when juxtaposed with data from the Denpasar City Government's Housing, Settlement, and Land Office, have low accuracy, namely 20% for the SVM (Support Vector Machine) algorithm and 15% for the random forest algorithm. After field checking the slum area data, the SVM (Support Vector Machine) algorithm has an accuracy of 58.33% for the slum class, and the overall accuracy of the classification class is 77.14%. The random forest algorithm has an accuracy of 83.44% for the slum class, and the overall accuracy of the classification class is 85.71%. The results of this slum detection are the initial detection to facilitate the data collection of slums in parts of Denpasar City.

**Keywords:** Remote Sensing, Sentinel-2, machine learning, object-based image analysis, slum

## Abstrak

Pemetaan dan identifikasi adalah tahap awal program peningkatan kualitas kawasan kumuh. Permukiman kumuh adalah permukiman yang tidak layak huni karena ketidakteraturan bangunan, tingkat kepadatan bangunan yang tinggi, dan kualitas bangunan serta sarana dan prasarana yang tidak memenuhi syarat. Kota Denpasar merupakan salah satu kota terbesar di Indonesia yang tidak terhindar dari permasalahan permukiman kumuh. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi keberadaan permukiman kumuh di Kota Denpasar dengan menggunakan pendekatan penginderaan jauh. Citra yang digunakan pada penelitian ini adalah Sentinel 2. Metode yang dipakai adalah *object-based image analysis* dan algoritma *machine learning*.

Algoritma yang dipakai menggunakan SVM (*Support Vector Machine*) dan *random forest*. Hasil deteksi permukiman kumuh algoritma SVM (*Support Vector Machine*) dan *random forest* apabila disandingkan data Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Pertanahan Pemerintah Kota Denpasar memiliki akurasi rendah yaitu 20% untuk algoritma SVM (*Support Vector Machine*) dan 15% untuk algoritma *random forest*. Setelah dilakukan cek lapangan data kawasan kumuh algoritma SVM (*Support Vector Machine*) memiliki akurasi 58,33% untuk kelas permukiman kumuh, dan akurasi keseluruhan kelas klasifikasi sebesar 77,14%. Algoritma *random forest* memiliki akurasi 83,44% untuk kelas permukiman kumuh, dan akurasi keseluruhan kelas klasifikasi sebesar 85,71%. Hasil deteksi permukiman kumuh ini adalah deteksi awal untuk mempermudah pendataan permukiman kumuh di sebagian Kota Denpasar.

**Keywords :** Penginderaan Jauh, Sentinel-2, *machine learning*, *object-based image analysis*, permukiman kumuh

## 1. Pendahuluan

Undang- Undang No.1 pasal 1 ayat 13 tahun 2011 tentang perumahan dan Kawasan permukiman, menjelaskan bahwa permukiman kumuh adalah permukiman yang tidak layak huni karena adanya ketidakteraturan bangunan, tingkat kepadatan bangunan yang tinggi, dan kualitas bangunan serta sarana dan prasarana yang tidak memenuhi syarat. Menurut Muta'ali dan Nugroho (2016), Kawasan permukiman kumuh biasanya berasosiasi dengan kawasan industry, sekitar badan air, dan sepanjang jalan maupun rel kereta api. Permukiman kumuh disebut juga permukiman yang mengalami penurunan kualitas fungsi sebagai tempat hunian (Widayani, 2018). Karakteristik permukiman kumuh dapat dilihat dari berbagai aspek meliputi : lokasi, kepadatan, keteraturan bangunan, akses jalan, bentuk dan kualitas bangunan (Kohli dkk, 2012). Adanya permukiman kumuh di wilayah perkotaan menciptakan masalah tersendiri terutama berkaitan dengan kondisi lingkungan yang buruk, perlu upaya penanganan oleh multisector baik pemerintah, lembaga non-pemerintah dan masyarakat untuk mengatasi permukiman kumuh.

Kota Denpasar merupakan salah satu kota terbesar di Indonesia yang tidak terhindar dari permasalahan permukiman kumuh. Hasil observasi tahun 2012 diketahui bahwa permukiman kumuh di Kota Denpasar sudah ada sejak tahun 1967. Berdasarkan Keputusan Walikota Denpasar No. 188.45/509/HK/2012 tentang penetapan lokasi lingkungan perumahan dan permukiman kumuh di Kota Denpasar, permukiman kumuh di Kota Denpasar memiliki 35 titik yang tersebar di Kecamatan Denpasar Utara, Denpasar Timur, Denpasar Selatan dan Denpasar Barat (Wadhanti, 2015). Menurut data permukiman kumuh Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Pertanahan Pemerintah Kota Denpasar tahun 2017 hingga 2021 terdapat 20 titik lokasi kumuh.

Pemetaan dan identikasi adalah tahap awal program peningkatan kualitas kawasan kumuh. Salah satu metode alternatif dalam pemetaan permukiman kumuh adalah memanfaatkan data penginderaan jauh. Teknologi penginderaan jauh menghasilkan luaran berupa citra dengan berbagai resolusi spasial dari resolusi rendah hingga tinggi, pemetaan permukiman khususnya daerah perkotaan umumnya menggunakan citra satelit resolusi tinggi (CSRT) (Fadhilah dkk, 2021). Akses untuk mendapatkan citra satelit resolusi tinggi terbatas, sehingga pada penelitian ini memanfaatkan data citra satelit resolusi menengah yaitu Sentinel-2 yang memiliki resolusi spasial 10 meter. Deteksi permukiman kumuh menggunakan data penginderaan jauh dengan metode OBIA (*Object-Based Image Analysis*) sudah pernah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya: Widayani (2018)

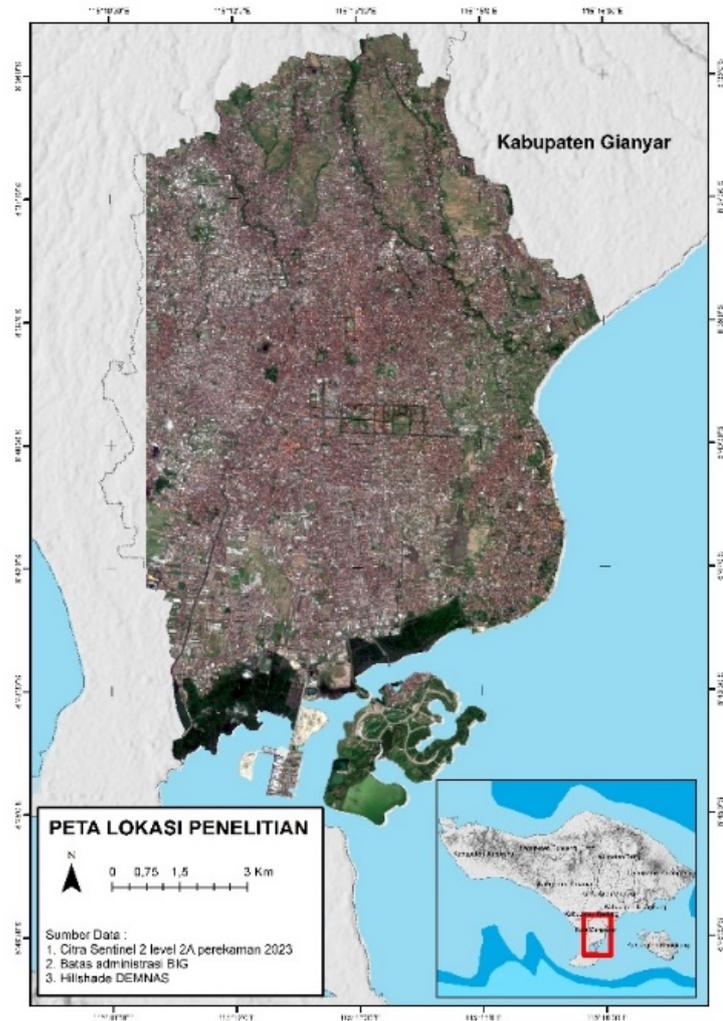
mengaplikasikan *object-based image analysis* untuk deteksi awal permukiman kumuh menggunakan citra satelit world view-2, dihasilkan bahwa identifikasi awal permukiman kumuh menggunakan OBIA dapat dilakukan berdasarkan analisis pola permukiman, kondisi jalan, tekstur, vegetasi, dan jarak dengan sungai. Sekarang ini banyak yang memanfaatkan teknologi berupa machine learning untuk mendeteksi permukiman kumuh, salah satunya adalah penelitian Fadhillah dkk (2021) mendeteksi permukiman kumuh menggunakan informasi spektral dan tekstur citra penginderaan jauh di Kota Yogyakarta, dimana pendekatan tekstur yang digunakan adalah *Grey Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan machine learning *Support Vector Machine* (SVM) hasil dari penelitian tersebut adalah permukiman berbasis informasi spektral dan tekstur dapat sebagai metode alternatif sebelum dilakukan survey, namun perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut.

Permukaan bumi yang didominasi tubuh air, vegetasi, dan tanah memiliki nilai spektral yang dapat dibedakan dengan karakter spektralnya (Baghdadi dan Zribi, 2016). Dalam penginderaan jauh identifikasi perkotaan dapat dilakukan dengan beragam cara, seperti OOA (*Object-Oriented Image Analysis*), terdapat metode lain yaitu OBIA (*Object-Based Image Analysis*) dan GEOBIA (*Geographic Object-Based Image Analysis*) (Kohli dkk, 2016). OBIA (*Object-Based Image Analysis*) merupakan pendekatan klasifikasi citra yang tidak hanya mempertimbangkan aspek spektral, namun juga memperhatikan objek spasial, proses awal OBIA (*Object-Based Image Analysis*) adalah segmentasi citra dengan memperhatikan kenampakan structural dan pola spasial (Xiaoxia dkk, 2004 dalam Widayani, 2018). Penelitian ini menggunakan citra Sentinel-2 level 2A perekaman tahun 2023 dengan tutupan awan dibawah 30%. Citra yang digunakan adalah level 2A yang artinya sudah dilakukan koreksi ortorektifikasi dan sudah dilakukan koreksi hingga *surface reflectance (bottom of atmosphere)* (Copernicus Sentinel-2, 2021). Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah memanfaatkan data hasil OBIA (*Object-Based Image Analysis*) dengan beberapa parameter *ruleset* yang telah ditentukan untuk menentukan *training sample* pada model *mechine learning*.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Lokasi penelitian

Lokasi penelitian berada di sebagian Kota Denpasar, secara administrasi mencakup beberapa kecamatan diantaranya: Kecamatan Denpasar Timur, Kecamatan Denpasar Utara, Kecamatan Denpasar Selatan, dan sebagian Denpasar Barat. Kecamatan Denpasar Barat dilakukan analisa sebagaimana karena berada pada sambungan *scene* citra, dimana *scene* citra sisi barat Kota Denpasar memiliki persentase tutupan awan yang tinggi yaitu diatas 30%, sehingga mengganggu proses analisa. Lokasi penelitian dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian  
**Sumber :** Analisa Penulis, 2023

## 2.2 Data dan Analisis

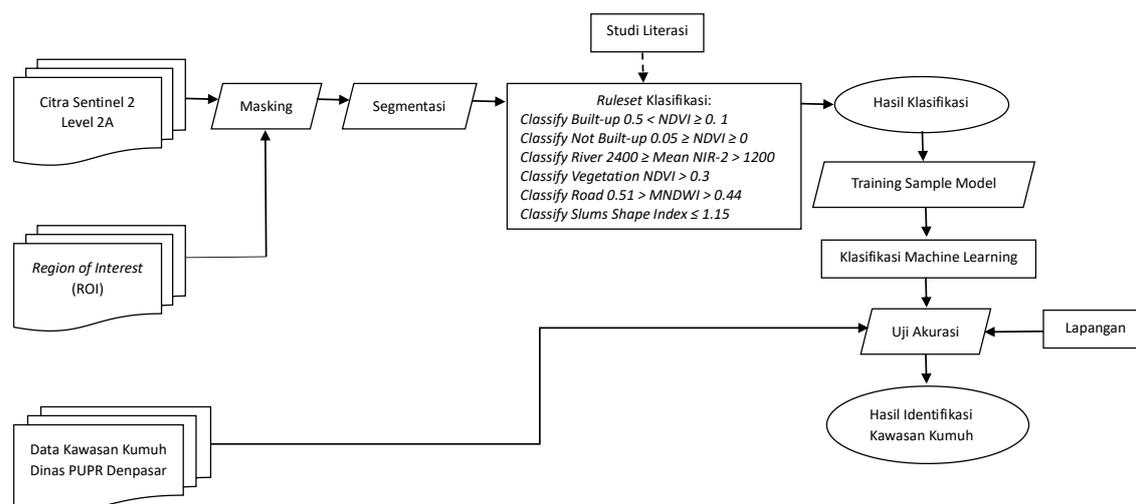
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Citra Satelit Sentinel 2 level 2A perekaman tahun 2023 dengan tutupan awan dibawah 30% wilayah sebagian Kota Denpasar. Peta batas administrasi Kota Denpasar dari rekomendasi BIG (Badan Informasi Geospasial) tahun 2021. Data sebaran lokasi kawasan kumuh Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Pertanahan Kota Denpasar.

Data Citra Satelit Sentinel 2 level 2A ini tidak perlu lagi dilakukan koreksi radiometrik dan geometrik karena sudah terkoreksi orthorektifikasi dan BOA (*Bottom of Atmosphere*) sehingga dilakukan analisa lanjutan yaitu pembuatan segmentasi. Metode segmentasi yang digunakan Pada penelitian ini menggunakan metode *Superpixel Segmentation*, metode ini menggunakan algoritma SLIC (*Simple Linier Itetative Clustering*) (Archanta dkk, 2010). SLIC adalah metode sederhana dan efisien untuk mendekomposisi citra yang homogen secara visual. Ini didasarkan pada pengelompokan *K-means* yang dilokalkan secara spasial (Archanta dkk, 2012). Citra hasil segmentasi adalah bagian dari salah satu klasifikasi berdasarkan nilai statistik segmen, bukan dari pengelompokan nilai piksel per piksel (Wibowo, 2010). Hasil citra tersegmentasi dilakukan klasifikasi sesuai *ruleset* hasil studi

literasi penelitian dari Widayani (2018). *Ruleset* yang digunakan sedikit di modifikasi sesuai dengan data yang digunakan.

*Machine learning* adalah salah satu penerapan dari kecerdasan buatan AI (*Artificial Intelligence*) (Fariz dkk, 2021). Kemampuan utama *machine learning* adalah menangani data dengan dimensi tinggi seperti data citra satelit yang digunakan untuk memetakan membagi kedalam beberapa kelas dengan karakteristik yang kompleks (Maxwell dkk, 2018). Menurut Farda, 2017 algoritma *machine learning* untuk berbasis logika jenisnya banyak, namun pada penelitian ini menggunakan algoritma SVM (*Support Vector Machine*) dan *random forest*. SVM (*Support Vector Machine*) adalah salah satu algoritma dari klasifikasi machine learning yang dilakukan secara terbimbing (*supervised*) berdasarkan *training sample area* pada setiap kelas yang telah ditentukan. Pada penelitian Fadhilah dkk (2021) algoritma SVM (*Support Vector Machine*) dapat mendeteksi kawasan kumuh dengan akurasi diatas 50%. Konsep SVM (*Support Vector Machine*) adalah klasifikasi dengan memisahkan dua atau lebih dengan mengidentifikasi *hyperlane* atau batas pemisah kelas (Fadhilah dkk, 2021). *Hyperlane* adalah batas keputusan yang meminimalkan kesalahan pada proses *training sample area* (Moutrakis dkk, 2011). Pada penelitian Kuffer dkk (2016), algoritma *random forest* digunakan untuk mendeteksi kawasan kumuh dengan pendekatan kombinasi antara tekstur, spektral dan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), hasil dari penelitian tersebut apabila menggabungkan beberapa paramter tersebut untuk mendeteksi kawasan kumuh didapatkan akurasi sebesar 90%.

Proses pengambilan *training sample area* menggunakan hasil dari klasifikasi *ruleset* yang telah ditentukan dari hasil segmentasi. Kelas *ruleset* hasil segmentasi adalah klasifikasi bangunan, non bangunan, sungai, vegetasi, jalan, dan indeks kekumuhan. Hasil dari masing- masing kelas nantinya akan diambil *training sample* untuk model *machine learning*. Masing- masing kelas akan diambil 60 titik *training model*. Gambaran umum dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



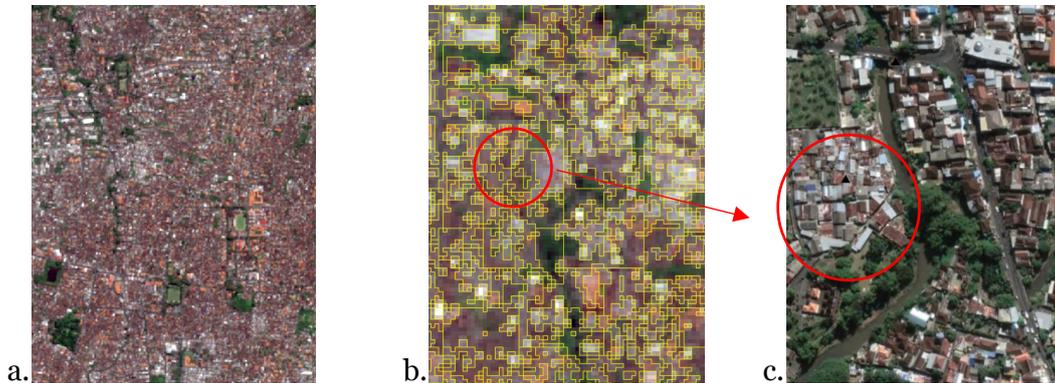
**Gambar 2.** Metodologi deteksi awal permukiman kumuh

**Sumber :** Analisa Penulis, 2023

### 3. Pembahasan

Proses awal dari penelitian ini adalah mengumpulkan data citra satelit, pengumpulan citra satelit menggunakan *platform google earth engine*. *Google earth engine* adalah layanan pengolahan data citra satelit yang menggunakan *Javascript*. *Platform* ini

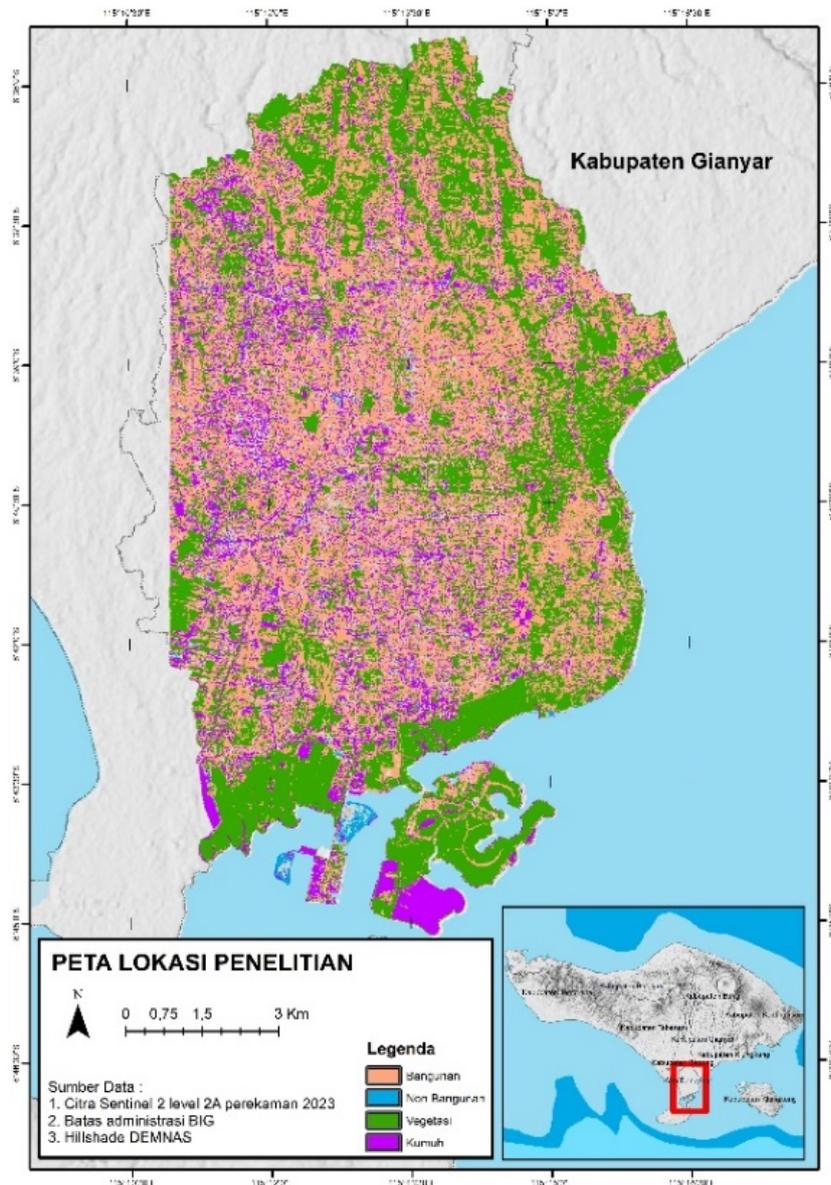
mempermudah dalam pencarian citra satelit dengan karakteristik tertentu sesuai dengan kebutuhan. Rentang waktu perekaman citra yang dicari adalah desember 2022 hingga juli 2023 dengan persentase tutupan awan kurang dari 30% dan pada urutan peratama, didapat citra sentinel 2 perekaman tahun 2023. Hasil dari filter data hanya didapat sebagian Kota Denpasar. Proses segmentasi menghasilkan segmen- segmen hasil pengelompokan nilai yang seragam sehingga penampakkannya seperti pada Gambar 3.



**Gambar 3.** (a) gambar citra satelit sentinel 2, (b) hasil segmentasi, (c) kenampakan dari *google earth*

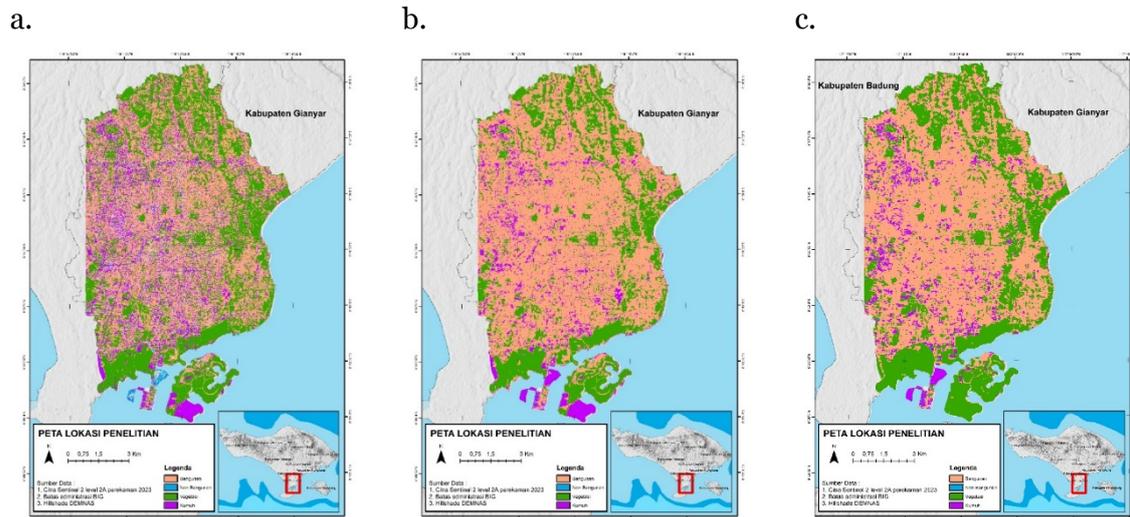
**Sumber :** Analisa Penulis, 2023

Hasil dari segmentasi dilakukan pengkelasan atau klasifikasi berdasarkan *ruleset* yang telah ditentukan. *Ruleset* yang telah dibuat akan menghasilkan kelas- kelas diantaranya bangunan, non bangunan, sungai, jalan, vegetasi, dan kumuh. Hasil klasifikasi tidak didapatkan deteksi objek jalan dan sungai karena resolusi spasial citra yang terlalu rendah. Rata- rata lebar jalan di Kota Denpasar adalah 5- 7 meter, sehingga dengan menggunakan citra satelit resolusi spasial 10 meter tidak akan terdeteksi. Objek sungai juga tidak terdeteksi karena sungai di Kota Denpasar tidak terlalu lebar sehingga tidak terdeteksi pada citra satelit resolusi spasial 10 meter. Hasil klasifikasi didapatkan bahwa sebaran permukiman kumuh masih terlalu *general/* umum dapat dilihat pada gambar 4. Apabila dilakukan cek melalui data *google earth* dan data lapangan akurasi OBIA (*Object-Based Image Analysis*) didapatkan angka 57,14%. Sehingga berdasarkan penelitian ini hasil dari klasifikasi OBIA (*Object-Based Image Analysis*) dijadikan acuan untuk melakukan pengambilan *training sample* model yang nantinya akan dilakukan pengkelasan di *machine learning*. Walaupun dilakukan klasifikasi dua tahap, akurasi dari hasil OBIA (*Object-Based Image Analysis*) dianggap cukup mendekati kondisi di lapangan. Hasil klasifikasi selanjutnya dilakukan pengambilan data *training sample* untuk model. Training sample untuk model total sampel adalah 240 titik, dan sampel masing- masing kelas diambil sampel 60 titik.



**Gambar 4.** Hasil klasifikasi *object-based image analysis*  
**Sumber :** Analisa Penulis, 2023

Training sample model yang diambil mewakili masing- masing dari kelas yang didapat secara tersebar dan merata. Hasil dari klasifikasi sementara dari *object-based image analysis* didapati bahwa sebaran lokasi kawasan kumuh hampir menyebar di seluruh Kota Denpasar. Setelah dilakukan analisa lanjutan dengan memasukan beberapa *training model* yang ditambahkan kedalam algoritma *machine learning SVM (Support Vector Machine)* dan *random forest*, maka terdapat pengurangan area kumuh terdeteksi. Pengurangan deteksi lokasi kumuh ini cukup signifikan yang awalnya dari *object-based image analysis* memiliki luas 1709,55 Ha menjadi *machine learning SVM (Support Vector Machine)* 996,42 Ha dan *machine learning random forest* 883,44 Ha, dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** (a) hasil *object-based image analysis*, (b) hasil *machine learning* algoritma SVM (*support vector machine*) dan (c) hasil *machine learning* algoritma *random forest*  
**Sumber :** Analisa Penulis, 2023

Berdasarkan hasil *machine learning* algoritma SVM (*Support Vector Machine*) perlu dilakukan cek lapangan dan cek dengan data sebaran milik Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Pertanahan Kota Denpasar. Hasil cek dengan data milik Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Pertanahan Kota Denpasar, berdasarkan data dari website satu data Kota Denpasar terdapat 20 titik, data tersebut berupa koordinat saja bukan berbentuk poligon. Dari 20 titik tersebut setelah dilakukan cek dengan data hasil pengolahan hanya terdapat kecocokan 4 titik saja, 16 titik lainnya menunjukkan objek yang berbeda seperti vegetasi, bangunan, dan non bangunan. Sehingga hasil validasi deteksi kawasan kumuh dengan data milik Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Pertanahan Kota Denpasar hanya sebesar 20%. Berdasarkan hasil *machine learning* algoritma *random forest* dari 20 titik sebaran kawasan kumuh yang dimiliki Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Pertanahan Kota Denpasar, hanya ada 3 titik yang sesuai, 17 titik lainnya menunjukkan objek yang berbeda seperti vegetasi, bangunan, dan non bangunan. Sehingga hasil validasi deteksi kumuh dengan data milik Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Pertanahan Kota Denpasar hanya 15%. Mungkin parameter yang digunakan oleh Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Pertanahan Kota Denpasar menggunakan pendekatan aspek- aspek lain, aspek fisik seperti drainase ataupun aspek sosial ekonomi seperti penghasilan pertahun/ perbulan. Sehingga membuat hasil identifikasi model *machine learning* sangat rendah apabila dibandingkan dengan data milik Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Pertanahan Kota Denpasar.

Hasil identifikasi lapangan dilakukan dengan melakukan cek berdasarkan hasil kelas model *machine learning* yang dihasilkan. Hasil identifikasi lapangan ini nantinya akan dilakukan uji akurasi, uji akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi hasil klasifikasi model. Metode uji akurasi yang digunakan adalah *confusion matrix* (matrix kesalahan). Sampel uji akurasi yang diambil berjumlah 35 titik sampel, dengan sebaran lokasi masing- masing kelas yaitu objek vegetasi 8 titik, objek bangunan 10 titik, objek non bangunan 5 titik, dan objek kumuh 12 titik. Metode sampling yang diambil secara *stratified random sampling*, tujuannya supaya sampel yang diambil supaya objek kawasan kumuh dilakukan banyak sampel. Temuan di lapangan lokasi permukiman kumuh dapat dilihat pada gambar 6. Hasil *machine learning* selain dilakukan uji cek lapangan, juga dilakukan

validasi dengan *google earth*, validasi ini mencocokkan antara data yang ditemukan dilapangan dengan kenampakan citra resolusi tinggi *google earth* ada kesamaan, skema validasi yang dilakukan seperti pada gambar 7. Hasil uji akurasi model *machine learning* menggunakan *confusion matrix* pada tabel 1 dan 2.

**Tabel 1.** Hasil uji akurasi *machine learning* algoritma SVM (*Support Vector Machine*) dengan kondisi di lapangan

Identifikasi		Lapangan				Total
		Kumuh	Bangunan	Vegetasi	Non Bangunan	
Model	Kumuh	7	3	1	1	12
	Bangunan	0	10	0	0	10
	Vegetasi	0	0	8	0	8
	Non Bangunan	0	3	0	2	5
Total		7	16	9	3	35
Nilai Confusion Matrix						0,77
Akurasi (%)						77,14

**Sumber :** Analisa Penulis, 2023

**Tabel 2.** Hasil uji akurasi *machine learning* algoritma *Random Forest* dengan kondisi di lapangan

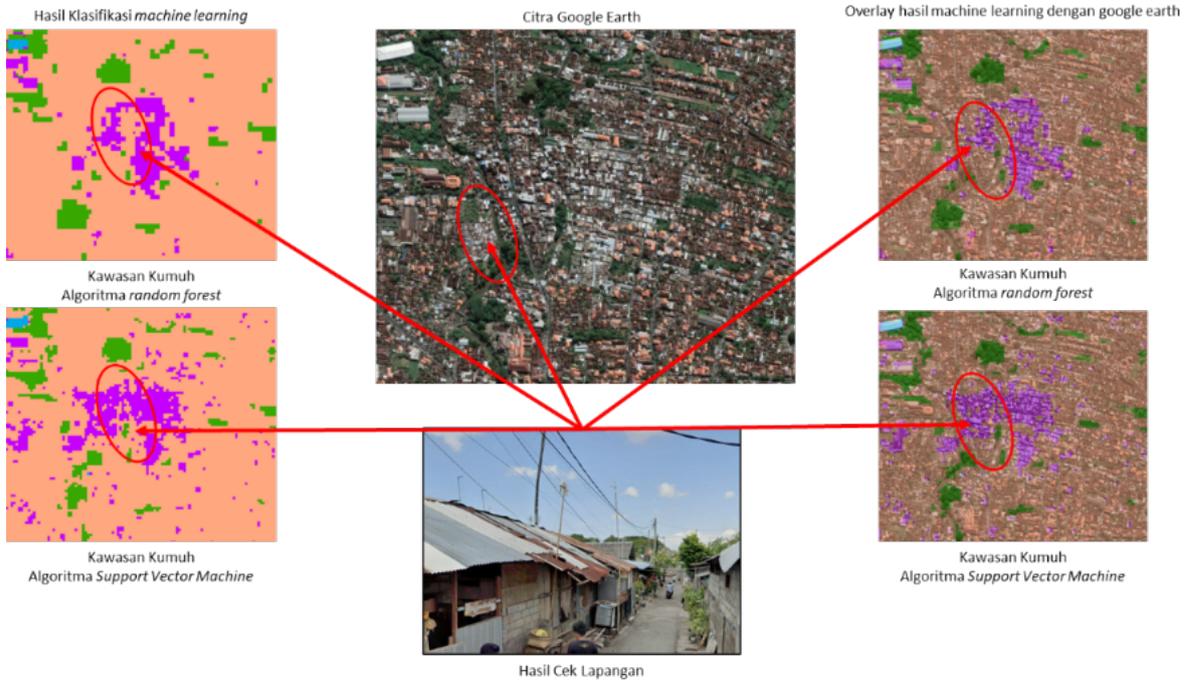
Identifikasi		Lapangan				Total
		Kumuh	Bangunan	Vegetasi	Non Bangunan	
Model	Kumuh	10	1	1	0	12
	Bangunan	0	10	0	0	10
	Vegetasi	0	0	8	0	8
	Non Bangunan	0	3	0	2	5
Total		10	14	9	2	35
Nilai Confusion Matrix						0,85
Akurasi (%)						85,71

**Sumber :** Analisa Penulis, 2023



**Gambar 6.** Kondisi kawasan kumuh yang ditemukan di lapangan

**Sumber :** Pengolahan data, 2023



**Gambar 7.** Validasi permukiman kumuh hasil *machine learning* dengan *google earth* dan data lapangan

**Sumber :** Analisa Penulis, 2023

Akurasi yang didapat dari hasil model *machine learning* SVM (*Support Vector Machine*) adalah sebesar 77,14%, hasil tersebut berarti model *machine learning* SVM (*Support Vector Machine*) dapat mendeteksi sesuai kelas yang ditentukan dengan cukup baik. Untuk mendeteksi kawasan kumuh dari 12 titik sampel yang dilakukan koreksi di lapangan, terdapat 7 titik yang sesuai dengan kondisi di lapangan, dan sisanya terklasifikasi kedalam kelas lain. Sehingga hasil deteksi kawasan kumuh berdasarkan data model *machine learning* SVM (*Support Vector Machine*) dan cek lapangan memiliki akurasi sebesar 58,33%. Angka akurasi dari model *machine learning* SVM (*Support Vector Machine*) untuk mendeteksi kawasan kumuh ini masih cukup kecil, perlu dilakukan pengambilan sampling kembali untuk membuktikan hasil klasifikasi kawasan kumuh.

Akurasi yang didapat dari hasil model *machine learning* *random forest* adalah sebesar 85,71%, dari hasil tersebut berarti model *machine learning* *random forest* dapat mendeteksi sesuai kelas yang ditentukan dengan baik dibandingkan dengan SVM (*Support Vector Machine*). Untuk mendeteksi kawasan kumuh dari 12 titik sampel yang dilakukan koreksi di lapangan terdapat 10 titik yang sesuai dengan kondisi di lapangan, dan sisanya terklasifikasi kedalam kelas lain. Sehingga hasil deteksi kawasan kumuh berdasarkan data model *machine learning* *random forest* dan cek lapangan sebesar 83,33%. Angka akurasi dari model *machine learning* *random forest* untuk mendeteksi kawasan kumuh ini sangat baik dengan dihasilkan akurasi >80%.

Berdasarkan perbandingan akurasi algoritma *machine learning* antara SVM (*Support Vector Machine*) dengan *random forest* adalah algoritma *machine learning* *random forest* lebih baik dalam mendeteksi kawasan kumuh yaitu 83,33%, untuk akurasi klasifikasi interpretasi adalah 85,71%. Sehingga peta kawasan kumuh yang dihasilkan memiliki akurasi yang baik. Hasil dari penelitian ini data kawasan kumuh sebagian Kota Denpasar sebesar 883,44 Ha dengan ketelitian akurasi deteksi kawasan kumuh sebesar 83,33%. Luas kawasan kumuh ini dapat dijadikan deteksi awal indikasi adanya kawasan kumuh, perlu

dilakukan kajian dan analisa lebih lanjut, dapat ditambah beberapa parameter aspek sosial dan fisik.

#### 4. Simpulan

Machine learning mampu mendeteksi kawasan kumuh dengan akurasi yang baik di sebagian Kota Denpasar yaitu 85,71% dengan luas kawasan kumuh sebesar 83,44%. Perbandingan algoritma machine learning SVM (Support Vector Machine) dan random forest, algoritma random forest lebih baik mendeteksi kawasan kumuh daripada SVM (Support Vector Machine). Sebaran data lokasi kumuh tahun 2017 hingga 2021 milik Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Pertanahan Kota Denpasar apabila di cocokkan dengan model machine learning memiliki kecocokan dan akurasi yang rendah, untuk algoritma machine learning SVM (Support Vector Machine) memiliki kecocokan dengan akurasi 20%, sedangkan algoritma machine learning random forest memiliki kecocokan dengan akurasi 15%. Luas dan hasil deteksi kawasan kumuh ini dapat dijadikan deteksi awal indikasi adanya kawasan kumuh di sebagian Kota Denpasar, perlu dilakukan kajian dan analisa lebih lanjut dengan aspek sosial dan fisik lainnya.

#### 5. Daftar Pustaka

- Achanta, R., Shaji, A., Smith, K., Lucchi, A., Fua, P., dan Süsstrunk, S. 2010. Slic Superpixels. EPFL Technical Report no. 149300, June 2010.
- Achanta, R., Shaji, A., Smith, K., Lucchi, A., Fua, P., dan Süsstrunk, S. 2012. SLIC Superpixels compared to state-of-the-art superpixel methods. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 34(11), 2274-2282. [iee.org](http://iee.org).
- Baghdadi, N., dan Zribi, M. 2016. *Land Surface Remote Sensing in Urban and Coastal Areas*. London: ISTE Press.
- Copernicus Sentinel-2. 2021. MSI Level-2A BOA Reflectance Product. Collection 1 European Space Agency. [https://doi.org/10.5270/S2\\_-znk9xsj](https://doi.org/10.5270/S2_-znk9xsj). 24 Juli 2023.
- Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Pertanahan Kota Denpasar. 2023. <https://www.perkim.denpasarkota.go.id/artikel/kawasan-kumuh-di-denpasar>. 20 Juli 2023.
- Fadhilah, A., Prima, W., & Hidayati, I.N. 2021. Deteksi Permukiman Kumuh Menggunakan Informasi Spektral dan Tekstur Citra Penginderaan Jauh (Studi Sebagian Kota Yogyakarta). *Geomedia*: 19(1) (2021) 35-45.
- Farda, N. M. 2017. Multi-temporal land use mapping of coastal wetlands area using machine learning in Google earth engine. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 98, No. 1, p. 012042). IOP Publishing.
- Fariz, T.R., Permana, I.P., Daeni, F., & Putra, A.C.P. 2021. Pemetaan Ekosistem Mangrove di Kabupaten Kubu Raya Menggunakan Machine Learning pada Google Earth Engine. *Jurnal Geografi* 18(2) (2021) 83-89.
- Kohli, D., Sliuzas, R., Kerle, N., dan Stein, A. 2012. An Ontology of Slums for Image-based Classification. *Computers, Environment, and Urban Systems*. 2012(12), 154-163.
- Kohli, D., Sliuzas, dan Stein, A. (2016). Urban Slum Detection Using Texture And Spatial Metrics Derived From Satellite Imagery. *Journal of Spatial Science*. No.61, Vol.2, 405-426.
- Kuffer, M., Pfeffer, K., Sliuzas, R., dan Baud, I. 2016. Extraction of Slum Areas From VHR Imagery Using GLCM Variance. *IEEE Journal of Selected Topic in Applied Earth Observation and Remote sensing*, 2016(9), 1830-1830.

- Maxwell, A. E., Warner, T. A., dan Fang, F. 2018. Implementation of machine-learning classification in remote sensing: An applied review. *International Journal of Remote Sensing*, 39(9), 2784-2817.
- Mountrakis, G., Im, J., dan Ogole, C. 2011. Support Vector Machine in Remote Sensing: A Review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2011(66). 247-259.
- Muta'ali, L dan Nugroho, A.R. 2016. Perkembangan Program Penanganan Permukiman Kumuh di Indonesia dari Masa ke Masa. Yogyakarta: UGM Press.
- Undang-Undang No 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman . <http://peraturan.go.id>. 20 Juli 2023.
- Wadhanti, A. 2015. Karakter Tapak Permukiman Kumuh di Kota Denpasar. *Space*: 2(1) (2015) 43-58.
- Wibowo, W.T. 2010. Studi Komparasi Klasifikasi Multispektral dengan Klasifikasi Berorientasi Objek untuk Ekstraksi Penutuplahan: Menggunakan Citra Alos Avnir-2 dan Citra Alos Pan-Sharpned. Skripsi. Universitas Gadjah Mada.Yogyakarta.
- Widayani, Prima. 2018. Aplikasi Object-based Image Analysis Untuk Identifikasi Awal Permukiman Kumuh Menggunakan Citra Satelit World View-2. *Majalah Geografi Indonesia* Vol. 32, No.2, September 2018 : 162 – 169.