

# IDENTIFIKASI PERMUKIMAN KUMUH DARI CITRA PLEIADES DENGAN METODE MAXIMUM LIKELIHOOD CLASSIFICATION, OBIA DAN NEURAL NETWORK CLASSIFICATION DI BUMIWARAS, BANDAR LAMPUNG

*(Slums Identification using Pleiades Satellite Imagery with Maximum Likelihood Classification, OBIA and Neural Network Classification Method in Bumiwaras, Bandar Lampung)*

**Zulfikar Adlan Nadzir<sup>1,3</sup>, Nirmawana Simarmata<sup>1,2</sup>, Lea Kristi Agustina<sup>1,2</sup>, Tri Kies Welly<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Geomatika, Fak. Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, Indonesia

<sup>2</sup>Program Pascasarjana Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

<sup>3</sup>Institute of Geodesy and Geoinformation, University of Bonn, Bonn, Germany

Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35365, Indonesia

E-mail: [zulfikar.nadzir@gt.itera.ac.id](mailto:zulfikar.nadzir@gt.itera.ac.id)

*Diterima: 12 September 2023; Direvisi: 27 Desember 2023; Disetujui untuk Dipublikasikan: 20 Maret 2024*

## ABSTRAK

Permukiman kumuh telah menjadi masalah utama dalam perkembangan wilayah perkotaan, mengakibatkan dampak negatif pada kualitas hidup penduduk dan menghambat usaha pembangunan perkotaan yang berkelanjutan. Pentingnya pemetaan permukiman kumuh ini juga dapat digunakan sebagai alat untuk pemantauan dan evaluasi program intervensi yang sudah ada atau yang akan datang. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi area terbangun, menguji akurasi klasifikasi area terbangun dan mengidentifikasi permukiman kumuh di Kecamatan Bumiwaras Kota Bandar Lampung. Dalam penelitian ini, data citra resolusi sangat tinggi (CRST) yang digunakan adalah mozaik dari satelit Pleiades pada bulan Agustus 2018. Metode yang digunakan adalah Maximum Likelihood Classification (MLC), Object-Based Image Analysis (OBIA) dan Neural Network Classification (NNC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas permukiman pada Kecamatan Bumiwaras mencakup 18,34 % pada metode MLC, 63,80 % pada metode OBIA dan 32,06 % pada metode NNC dari total luas Kecamatan Bumiwaras sebesar 444,05 ha. Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa metode dengan nilai *overall accuracy* terbesar adalah metode OBIA dengan nilai 92,00 %, sedangkan metode MLC memiliki nilai sebesar 78,00 % dan metode NNC sebesar 57,45 %. Hasil analisis spasial pemetaan kawasan permukiman kumuh di Kecamatan Bumiwaras didominasi oleh permukiman kumuh dengan kelas sedang dengan total luas yaitu 176,17 ha. Sementara permukiman kumuh kelas ringan berada pada angka 80,51 ha dan kelas berat yaitu 26,06 ha. Kombinasi OBIA dan survei lapangan ditemukan sebagai kombinasi yang paling baik dalam mengidentifikasi permukiman kumuh di Kecamatan Bumiwaras.

**Kata kunci:** *maximum likelihood classification, neural network classification, object-based image analysis, penginderaan jauh, permukiman kumuh*

## ABSTRACT

*Slums have become a significant problem in the development of urban areas, resulting in negative impacts on residents' quality of life and becoming a hindrance to sustainable urban development efforts. The importance of slum mapping can also be used to monitor and evaluate existing or future intervention programs. This research aims to identify built-up areas, test the accuracy of built-up area classification, and identify slums in Bumiwaras Sub-district, Bandar Lampung City. In this research, the very high-resolution image data (CRST) used is a mosaicked Pleiades imagery from August 2018. The methods used are the Maximum Likelihood Classification (MLC), Object-Based Image Analysis (OBIA), and Neural Network Classification (NNC) methods. The research results obtained from the total area of Bumiwaras sub-district, which is 444.05 ha, show that the settlement area in Bumiwaras sub-district covers 18.34 % in the MLC method, 63.80 % in the OBIA method, and 32.06 % in the NNC method. The accuracy test results show that the highest overall accuracy value is the OBIA method, with a value of 92.00 %. In comparison, the MLC method has a value of 78.00 %, and the NNC method has a value of 57.45 %. The spatial analysis results of slum area mapping in Bumiwaras Sub-district are dominated by medium-class slums with a total area of 176.17 ha. Light slums are at 80.51 ha, and heavy-class slums are at 26.06 ha. It could be concluded that combining OBIA and field survey would be the best approach to map and identify slum settlements in Bumiwaras sub-district using remote sensing imagery.*

**Keywords:** *Maximum likelihood classification, neural network classification, object-based image analysis, remote sensing, slums*

**PENDAHULUAN**

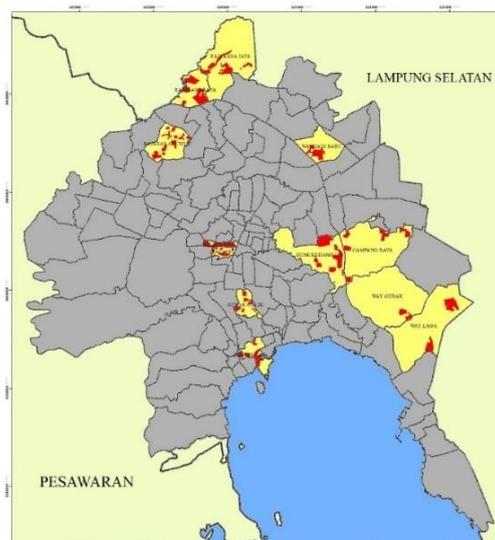
Urbanisasi yang meningkat di berbagai belahan dunia dalam satu dekade belakangan mengakibatkan 7 dari 10 orang di dunia hidup di area urban (kota). Hal ini terjadi pada 92 % negara berkembang di dunia termasuk Indonesia (UN-HABITAT, 2013). Bertumbuhnya penduduk di perkotaan tidak diikuti dengan naiknya peluang pekerjaan, berefek pada naiknya tingkat kesenjangan sosial (Ratnasari & Nugraha, 2021). Menurut BPS (2022), pada tahun 2010-2022 wilayah kota Bandar Lampung memiliki tingkat angka pengangguran paling tinggi dibandingkan wilayah lainnya di provinsi Lampung, mencapai 8,51 %. Persaingan yang makin ketat di wilayah urban ini menimbulkan efek tambahan, yaitu ketidakmampuan penduduk untuk memiliki tempat tinggal yang layak yang dilanjutkan dengan keberadaan permukiman kumuh.

Kota-kota pada abad ke-21 berusaha untuk memenuhi tingkat kesejahteraan bagi penduduknya sesuai dengan konsep yang meliputi kesejahteraan sosial, politik dan ekonomi. Pada poin ke-lima dari indeks kesejahteraan adalah sebuah kota bisa sejahtera jika minim angka kemiskinan dan kesenjangan sosial. Secara praktis, salah satu langkah yang dapat diambil dalam hubungan dengan poin di atas adalah dengan pengurangan jumlah permukiman kumuh (UN-HABITAT, 2013; Lampung, 2017).

Permukiman kumuh merupakan masalah yang dihadapi oleh hampir semua kota-kota besar di Indonesia, bahkan kota-kota besar di negara berkembang lainnya. Menurut UN-HABITAT (2003), suatu rumah tangga dikatakan sebagai penghuni kawasan kumuh jika tidak mempunyai salah satu atau lebih dari lima unsur, yaitu akses terhadap air minum yang layak, akses terhadap sanitasi yang layak, perumahan dengan ruang yang memadai, perumahan dengan struktur yang memadai untuk melindungi terhadap kondisi iklim, dan kepemilikan yang terjamin. Sementara, berdasarkan PERDA Kota Bandar Lampung No 4 Tahun 2017 tentang Pencegahan dan Peningkatan Kualitas Terhadap Perumahan Kumuh dan Permukiman Kumuh (Lampung, 2017), 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 atau perumahan yang mengalami penurunan kualitas fungsi sebagai tempat hunian. Upaya-upaya Pencegahan dan Peningkatan Kualitas terhadap Perumahan Kumuh dan Permukiman Kumuh merupakan amanat yang selaras dengan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 59 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (PERPRES, 2017). Hal itu sejalan pula dengan dokumen

*Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*, yang mana untuk memenuhi komitmen pemerintah tersebut perlu adanya penyelerasan dengan Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) dan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) (United Nation, 2015).

Proses pemetaan permukiman kumuh merupakan langkah awal dari realisasi dari peningkatan kualitas permukiman kumuh dan satu bagian penting dari perencanaan pembangunan daerah. Selain itu, proses ini dapat digunakan sebagai dasar acuan pelaksanaan Penetapan Lokasi Perumahan dan Permukiman Kumuh serta Penanganan Perumahan Kumuh. Data Permukiman Kumuh juga dimasukkan dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah (RPJPD), Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) maupun Rencana Kerja Pemerintah Daerah (RKPD) Tahunan serta Rencana Penanggulangan Bencana Daerah (RPBD). Upaya resmi dari pihak terkait di Bandar Lampung dilakukan pada tahun 2020. Melalui program Kota Tanpa Kumuh (KOTAKU), Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Republik Indonesia mengeluarkan peta permukiman kumuh di kota Bandar Lampung dimana terdapat 12 kelurahan yang masuk kategori kumuh sesuai kriteria pada PERDA no 04 Tahun 2017 (Lampung, 2017) (**Gambar 1**). Pada Gambar 1 tidak diperoleh informasi permukiman kumuh pada kecamatan Bumiwaras, yang merupakan kecamatan terpadat kedua di Kota Bandar Lampung dengan jumlah penduduk 15,977 orang/km<sup>2</sup>. Jumlah ini tercatat tiga kali lipat dibandingkan dengan kepadatan rata-rata kota bandar lampung yang berjumlah 5,242 orang/km<sup>2</sup> (BPS, 2019).



Sumber: Program KOTAKU (Kota Tanpa Kumuh), Kementerian PUPR, 2020

**Gambar 1.** Sebaran Permukiman Kumuh Kota Bandar Lampung dari KOTAKU (merah adalah permukiman kumuh, kuning adalah kelurahan dengan permukiman kumuh).

Metode yang digunakan pada pemetaan permukiman kumuh KOTAKU di tahun 2020 adalah dengan penilaian setiap komponen yang diatur pada PERDA no 04 tahun 2017 secara langsung di lapangan. Metode ini kurang efektif untuk dilakukan pada area yang luas dan waktu yang cepat karena terbatasnya jumlah lokasi pengamatan langsung di lapangan, sehingga pengambilan keputusan tidak dapat dilakukan secara cepat dan efektif. Berangkat dari keterbatasan metode tersebut, pada dua dekade terakhir, peneliti mulai memanfaatkan data penginderaan jauh sebagai data penentu permukiman kumuh. Kondisi terkini dari pemetaan permukiman kumuh menunjukkan perkembangan yang cukup pesat dalam 15 tahun terakhir (Kuffer et al., 2016; Wurm & Taubenböck, 2018). Secara spesifik, beberapa metode sudah digunakan untuk identifikasi permukiman kumuh dan tata guna lahan yang lain seperti identifikasi berbasis tekstur dan struktur (Kit et al., 2012; Taubenböck & Kraff, 2014), *built-up area extraction method* (BAEM) (Bhatti & Tripathi, 2014), *Object-Based Image Analysis* (OBIA) (Kohli, Warwadekare et al., 2013; Widayani, 2018), *Index-based Built-up Index* (IBI) *algorithm* (Bashit dkk 2020), aplikasi dari metode-metode *artificial intelligence* seperti *Support Vector Machine* (SVM) dan *Artificial Neural Network* (ANN), *Built-up Index* (NDBI, UI, dan IBI) (Mukherjee dkk, 2021), dan *Fuzzy C-means Clustering* (Bu et al., 2022).

Penelitian-penelitian yang disebutkan di atas menunjukkan kelebihan dari data penginderaan jauh dibandingkan dengan pengamatan langsung di lapangan, yaitu dapat menganalisis dengan ruang lingkup lebih luas secara lebih efektif dan lebih cepat dan adaptif terhadap kondisi nyata di lapangan. Sifat adaptif dan respons yang cepat ini memungkinkan pengambilan kebijakan lebih tepat guna karena sesuai dengan kondisi terkini di lapangan, seperti dalam pemberian bantuan langsung tunai ataupun program bedah rumah. Oleh karena itu, penelitian yang menggunakan data penginderaan jauh untuk identifikasi kumuh di Bandar Lampung secara spesifik maupun Indonesia secara umum diperlukan.

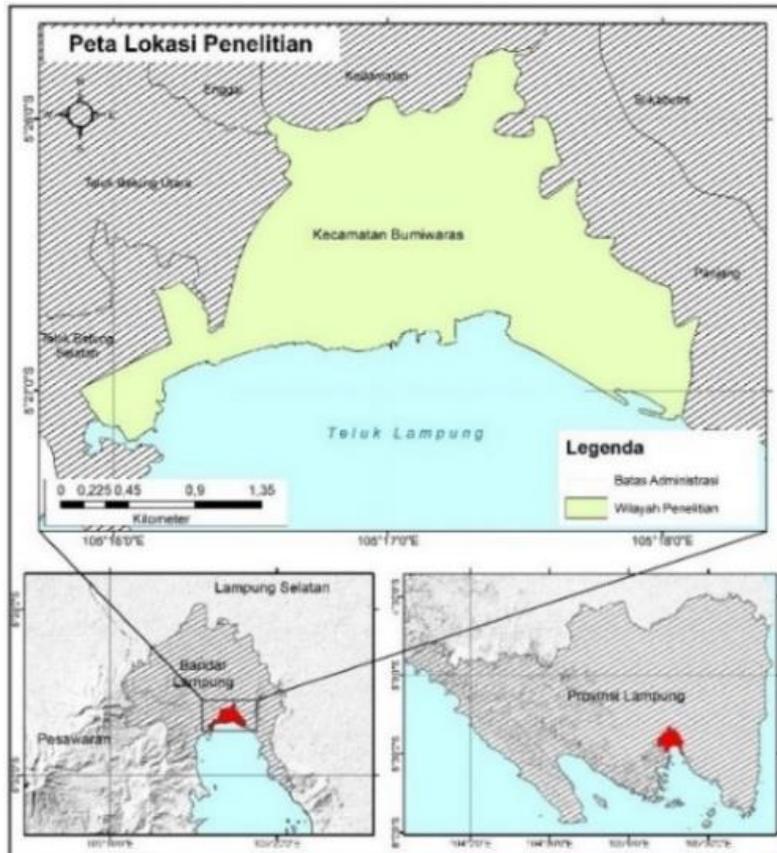
Gambaran tambahan mengenai kondisi penelitian dengan bahasan mengenai perbandingan metode klasifikasi area terbangun di Indonesia menelurkan ide mengenai kombinasi dari beberapa metode dalam melakukan klasifikasi area terbangun, yaitu metode *Maximum Likelihood Classification* (MLC), *Object-Based Image Analysis*

(OBIA) dan *Neural Network Classification* (NNC). Penggunaan ketiga metode di atas didasari oleh penilaian hasil uji akurasi pada penelitian sebelumnya yang dimana metode MLC, OBIA dan NNC memiliki nilai *Overall Accuracy* yang sangat baik, yaitu sebesar masing-masing 82,9 %, 93 %, dan 85,1 % dalam klasifikasi penutup lahan yang di dalamnya termasuk lahan terbangun (Aminipouri et al., 2009; Pal et al., 2005). Uji validasi lalu dilakukan terhadap hasil ketiga metode tersebut untuk mengetahui metode yang paling tepat dalam klasifikasi area terbangun yang sesuai dan representatif dengan karakteristik permukiman pada wilayah penelitian. Metode terbaik diantara ketiga metode yang diusulkan kemudian akan digunakan untuk acuan sebaran area terbangun yang akan dilakukan penilaian tingkat kekumuhan dari area terbangun di wilayah penelitian.

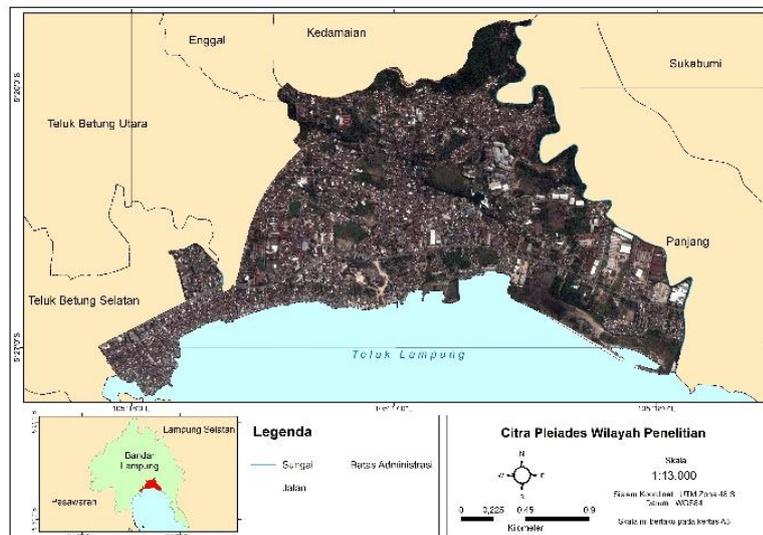
Pada penelitian ini akan dilakukan pemetaan permukiman kumuh menggunakan teknologi penginderaan jauh, yaitu dengan Citra Satelit Resolusi tinggi (CSRT), secara spesifik adalah citra Pleiades, digunakan untuk mendeteksi wilayah permukiman yang ada di Kecamatan Bumiwaras. Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi lokasi permukiman kumuh di Kecamatan Bumiwaras yang bertujuan agar berguna bagi para pengambil keputusan perkotaan. Oleh karena itu, kami mengeksplorasi sejauh mana kinerja metode-metode yang ditawarkan dalam klasifikasi area terbangun di Kecamatan Bumiwaras. Secara khusus, tujuan-tujuan penelitian ini adalah; mengidentifikasi dan membandingkan hasil dari area terbangun di Kecamatan Bumiwaras Kota Bandar Lampung menggunakan citra satelit resolusi sangat tinggi dengan 3 metode (MLC, OBIA, dan NNC), dan mengidentifikasi permukiman kumuh di Kecamatan Bumiwaras Kota Bandar Lampung berdasarkan parameter pada Rencana Pencegahan dan Peningkatan Kualitas Permukiman Kumuh Perkotaan (RP2KPKP) yang menjadi acuan dari Perda No 4 tahun 2017 Kota Bandar Lampung (Lampung, 2017).

## METODE

Lokasi penelitian berada di Kecamatan Bumiwaras, Kota Bandar Lampung yang berada di antara 50°20'-50°30' LS dan 105°28'-105°37' BT. Wilayah ini memiliki luas wilayah daratan ±19.722 Ha (197,22 Km<sup>2</sup>) dan secara spasial tergambar pada **Gambar 2** berikut ini.



Gambar 2. Lokasi penelitian di Kecamatan Bumiwaras, Bandar Lampung.



Gambar 3. Citra Pleiades tahun 2018.

**Data**

Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer terdiri dari data pembentuk klasifikasi lahan terbangun dimana meliputi citra resolusi sangat tinggi (CRST) yaitu mozaik dari satelit Pleiades pengambilan tanggal 5, 15 dan 25 bulan Agustus 2018 (Gambar 3), Peta Rupabumi Indonesia (RBI), serta data pendukung lainnya dari instansi-instansi terkait. Sementara data sekunder berupa hasil survei lapangan yang dilakukan pada periode 23 sampai 30 Agustus 2020, dimana dilakukan untuk

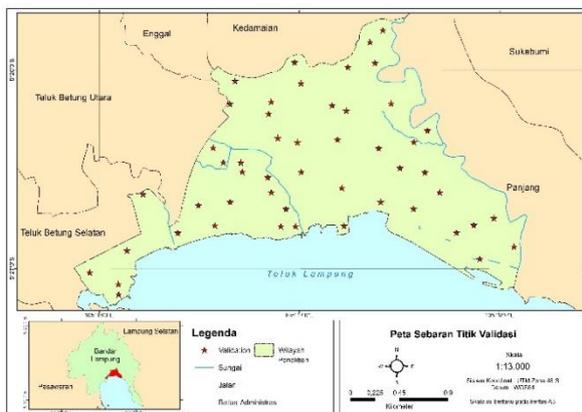
mengidentifikasi akurasi dari hasil interpretasi lahan terbangun oleh citra satelit. Secara rinci data yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Data-data penelitian.

No	Aspek	Kriteria	Tahun	Sumber Data
1	Citra Pleiades (multispektoral)	Resolusi 2 m	5, 15 dan 25 Agustus 2018	Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) (LAPAN, 2018)

No	Aspek	Kriteria	Tahun	Sumber Data
2	Parameter Klasifikasi Kekumuhan	-	2020	Format Isian dan Observasi
3	Peta Rupabumi Indonesia (RBI)	Skala 1:25.000	2020	Badan Informasi Geospasial (BIG) (BIG, 2020)
4	Data Sampel Lapangan	50 Titik	23 – 30 Agustus 2020	Uji validasi lapangan

Data survei lapangan juga digunakan untuk menentukan kelas permukiman kumuh yang diperoleh dari klasifikasi lahan terbangun dan kondisi di lapangan sesuai dengan metode pembobotan dan dianalisis pada perangkat lunak pengolahan citra satelit (ENVI dan e-Cognition) dan perangkat lunak visualisasi data geospasial (ArcGIS). Pengambilan data survei lapangan dilakukan pada 50 titik pada tanggal 23 sampai 30 di bulan Agustus tahun 2020 dengan sebaran yang tergambar pada **Gambar 4** di bawah ini. Pengambilan data survei lapangan yang diadakan pada tahun 2020 ini cukup dekat secara waktu dengan waktu dari citra satelit (tahun 2018), membuat kondisi di citra satelit dan kondisi lapangan secara relatif masih sama.



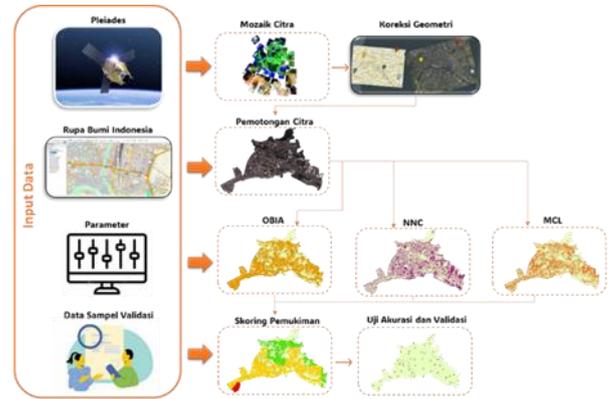
**Gambar 4.** Peta persebaran titik survei lapangan.

**Pengolahan Data**

Tahapan penelitian tergambar secara umum di **Gambar 5** di bawah ini. Proses dimulai dengan *pra-pengolahan* citra satelit Pleiades, dilanjutkan dengan identifikasi lahan terbangun dengan tiga metode. Hasil dari identifikasi tersebut diukur tingkat akurasinya menggunakan *Confusion Matrix*, yang mana hasil terbaik digabungkan dengan data survei lapangan untuk proses pembobotan tingkatan permukiman kumuh di Kecamatan Bumiwaras, Kota Bandar Lampung.

Berdasarkan **Gambar 5**, pra-pengolahan citra dilakukan dengan penggabungan beberapa citra (mozaik) yang ditambah dengan proses koreksi geometrik, selanjutnya dilakukan pemotongan citra

untuk lokasi penelitian yang dipilih. Citra yang telah dipotong kemudian diklasifikasi berdasarkan kelas-kelas yang telah ditentukan dalam 3 metode yaitu MLC, OBIA dan NNC. Setelah itu, dilakukan proses pembobotan tingkat kekumuhan pada hasil klasifikasi. Hasil klasifikasi dan pembobotan lalu dilakukan uji akurasi untuk melihat seberapa besar tingkat ketelitian dari setiap hasil pengklasifikasian yang diperoleh.



**Gambar 5.** Tahapan penelitian.

**Pra-pengolahan – Koreksi Geometrik Citra**

Koreksi geometrik pada citra satelit adalah proses melakukan koreksi terhadap distorsi geometri pada suatu citra satelit (Mather & Koch, 2011). Hasil dari proses koreksi geometrik adalah citra dengan lokasi piksel yang sudah berubah dari sistem koordinat lokal citra menjadi sistem koordinat proyeksi yang dipilih dan besar nilai distorsi horizontal (Green, Mumby, Edwards, & Clark, 2000). Tahap ini diterapkan pada citra digital mentah (langsung hasil perekaman satelit), dan merupakan salah satu dari koreksi kesalahan sistematis (Danoedoro, 1996). Tingkat ketelitian dari hasil koreksi geometrik dapat dilihat dari nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) yang didapatkan yang mewakili nilai distorsi horizontal, tergambar pada **Persamaan 1**.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \hat{x}_i)^2}{N}} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan *N* merupakan jumlah sampel, *x<sub>i</sub>* data pada indeks *i* dan *ŷ<sub>i</sub>* merupakan rerata dari seluruh sampel. Pada penelitian ini dilakukan koreksi geometrik citra menggunakan 8 titik *Ground Control Point* (GCP).

**Pra-pengolahan – Mozaik Citra**

Salah satu keunggulan teknologi penginderaan jauh adalah kemampuannya untuk menunjukkan areal yang sangat luas dan sering kali dengan aksesibilitas sangat rendah. Untuk mengoptimalkan kemampuan ini, maka perlu menyatukan beberapa *scene* data citra dengan menggunakan software

pengolah citra satelit atau melakukan proses mozaik (Bheda et al., 2014; Nadzir et al., 2020) sehingga data penginderaan jauh dapat menjadi satu gambar/citra yang mencakup seluruh area yang diinginkan. Definisi lain dari mozaik adalah proses penggabungan beberapa bingkai (*scene*) citra menjadi suatu gambar yang mencakup area yang luas (Moik, 1980).

**Pra-pengolahan – Pemotongan Citra**

Pemotongan citra merupakan proses memisahkan objek yang diteliti dengan gangguan secara sinyal ataupun dengan objek yang bukan merupakan objek pengamatan secara geografis (Buermann, et al., 2008). Proses ini dilakukan untuk membatasi daerah pekerjaan sehingga memudahkan analisis. Pemotongan citra akan mengurangi kapasitas memori sehingga memudahkan pada proses pengolahan data citra tersebut. Teknik yang digunakan pada tahapan pemotongan citra ini adalah dengan memfokuskan lokasi yang diinginkan pada citra. Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan data vektor, koordinat geodetik, atau dengan menggunakan boks (*zooming*) yang ada pada software yang digunakan (Purwadhi & Sanjoto, 2008).

**Klasifikasi Lahan Terbangun**

Klasifikasi diartikan sebagai proses mengelompokkan piksel ke dalam kelas-kelas atau kategori-kategori yang telah ditentukan berdasarkan aturan tertentu. Kategorisasi dapat dirancang menggunakan nilai kecerahan (*brightness value/BV* atau *digital number*) piksel yang bersangkutan ataupun tekstur (Shinozuka & Mansouri, 2009). Klasifikasi terbimbing adalah klasifikasi dimana dilakukan dengan mengambil sekumpulan piksel yang memiliki nilai reflektansi spektral yang serupa dan mewakili masing-masing kelas atau kategori yang diinginkan (Abburu & Golla, 2015). Piksel-piksel penciri tersebut sering disebut dengan *training data*, sementara kegiatan mengidentifikasinya pada citra dan selanjutnya digunakan untuk membuat *class signature* disebut dengan *training area*.

*Class signature* (ciri kelas) tersebut akan berbeda-beda tergantung kepada metode yang digunakan. Pada metode *maximum likelihood* dengan rumus dasar yang mengkalkulasi fungsi diskriminan pada setiap piksel pada **Persamaan 2** (Richards, 1999), maka *class signature*-nya adalah vektor rata-rata dan matrik ragam-peragam (*variance-covariance matrix*) dari masing-masing kelas (Simarmata et al., 2022).

Metode lain yang digunakan adalah *object-based image analysis* (OBIA). Dibandingkan dengan metode non-OBIA yang ada sebelumnya, yang melakukan karakterisasi berdasarkan piksel demi piksel, OBIA membagi gambar menjadi kelompok

piksel homogen yang disebut segmen atau sebagai *image object* (IO). Kemudian, karakteristik yang tersirat pada IO seperti spektral, spasial, tekstural, dan topologis diterapkan sebagai unit spasial untuk melakukan analisis citra seperti contohnya adalah klasifikasi citra (Hossain & Chen, 2019). Secara umum proses klasifikasi dengan metode OBIA melalui dua tahapan utama yaitu segmentasi citra dan klasifikasi tiap segmen (Xiaoxia et al., 2004).

$$g_i(x) = 1np(\omega_i) - \frac{1}{2} 1n|\Sigma_i| - \frac{1}{2}(x - m_i)^T \sum_i^{-1} (x - m_i) \dots\dots\dots(2)$$

Dengan bagian pertama di sisi kanan persamaan yang mewakili tingkat probabilitas bangun tersebut untuk menjadi satu kesatuan dan bagian kedua dari sisi kanan merpresentasikan nilai total dari seluruh bangun yang teridentifikasi. Lalu, bagian ketiga dari sisi kanan mewakili selisih dari bangun terhadap rerata dari bangun yang teridentifikasi (laiknya menghitung standar deviasi). Proses klasifikasi dengan OBIA ditentukan oleh nilai skala, bentuk dan tingkat kompaksi (*scale, shape, and compactness*) yang nantinya akan menentukan bagaimana sebuah kumpulan piksel diklasifikasikan sebagai objek secara luasan dan bentuk. Nilai skala dalam penelitian ini adalah 90, untuk nilai bentuk adalah 0,4 dan nilai tingkat kompaksi sebesar 0,9.

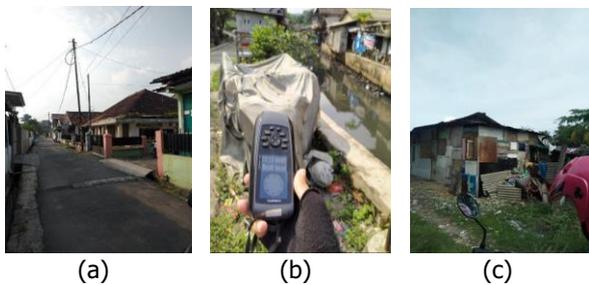
Metode lain yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Neural Network Classification* (NNC), sebuah metode *artificial intelligence* berbasis *machine learning* yang merupakan *tools* pemodelan empiris. *Tools* ini memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi hubungan yang sangat kompleks yang mendasari hanya dari data masukan-keluaran. *Neural network* beroperasi seperti *black box model* yang tidak membutuhkan informasi yang terperinci tentang sistem. NNC dirancang untuk meniru fungsi pengenalan pola manusia melalui pemrosesan paralel dari beberapa masukan, yaitu NNC memiliki kemampuan untuk memindai data untuk mencari pola dan dapat digunakan untuk membuat model non-linier. Keuntungan *neural network* dibandingkan metode lainnya adalah kemampuan untuk menangani sejumlah besar *noisy data* dari *dynamic* dan *nonlinear systems*, terutama ketika hubungan fisik yang mendasarinya tidak sepenuhnya dipahami (Openshaw & Openshaw, 1997). Tiga metode klasifikasi di atas kemudian dilakukan uji validasi untuk mengetahui metode terbaik dalam menentukan klasifikasi permukiman di wilayah penelitian, sehingga kemudian dilakukan proses pembobotan untuk memperoleh informasi dari lahan terbangun (permukiman kumuh) pada wilayah penelitian.

**Survei Lapangan**

Survei lapangan dari hasil pengolahan citra satelit digunakan untuk melihat tingkat kesalahan

yang terjadi pada klasifikasi area contoh sehingga dapat ditentukan besarnya persentase ketelitian pemetaan. Evaluasi ini menguji tingkat keakuratan secara visual dari klasifikasi terbimbing. Pengambilan sampel lapangan dilakukan agar setiap parameter yang digunakan tervalidasi.

Pelaksanaan survei lapangan (**Gambar 6**) ini menggunakan formulir kesesuaian berisikan 8 parameter yang dilihat secara visual dan juga dengan bertanya kepada penduduk di lokasi, sesuai dengan Perda Kota Bandar Lampung Nomor 4/2017 (Peraturan Daerah Kota Bandar Lampung, 2017), sebagai berikut: kondisi bangunan, kondisi jalan lingkungan, kondisi penyediaan air minum, drainase lingkungan, pemeliharaan air limbah, pengelolaan persampahan, proteksi kebakaran, dan keberadaan ruang terbuka hijau. Setiap titik dalam survei lapangan juga diambil foto tampak utara, selatan, barat, dan timurnya.



**Gambar 6.** Pelaksanaan survei lapangan, hasil klasifikasi kumuh ringan (a), kumuh sedang (b), dan kumuh berat (c). Ketiga foto mewakili titik nyata yang didapatkan dari survei lapangan pada tahun 2020.

**Pembobotan Permukiman Kumuh**

Identifikasi Tingkat Kekumuhan dilakukan dengan memberikan bobot pada kriteria-kriteria berdasarkan skala penilaian yang mempengaruhi kawasan permukiman kumuh dari setiap indikator (Nakamura, 2014). Indikator yang digunakan dalam proses ini terdiri dari delapan kriteria yang sesuai dengan Peraturan Daerah No. 4 tahun 2017 kota Bandar Lampung (Lampung, 2017) tanpa dilakukan modifikasi. Kemudian dilakukan analisis hingga menghasilkan klasifikasi tingkat kawasan kumuh pada wilayah Kota Bandar Lampung. Langkah selanjutnya adalah pemberian bobot setiap parameter, berdasarkan parameter penilaian yang terdaftar pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Bobot penilaian

No	Kualitas	Persentase	Bobot
1	Baik	0 % - 25 %	1
2	Cukup	26 % - 50 %	3
3	Buruk	51 % - 75 %	5

Perhitungan total bobot didekati dengan menggunakan **Rumus 3** sebagai berikut:

$$S_i = \sum B_i \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

$S_i$  = Total Bobot

$B_i$  = Bobot Sub Kriteria.

Klasifikasi Tingkat Kekumuhan didasarkan dari RP2KPKP dimana rentang nilai tingkat klasifikasi yang didapatkan untuk setiap kelas yang tergambar pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Klasifikasi tingkat kekumuhan berdasarkan RP2KPKP.

No	Kelas	Tingkat Klasifikasi
1	Bukan Kawasan Kumuh	0 – 19
2	Kawasan Kumuh Ringan	20 – 44
3	Kawasan Kumuh Sedang	45 – 70
4	Kawasan Kumuh Berat	71 – 95

**Uji Akurasi dan Validasi**

Hasil klasifikasi perlu dilakukan pengujian akurasi terhadap hasil klasifikasi agar mengetahui tingkat akurasi dari hasil yang diperoleh. Pekerjaan ini menggunakan survei lapangan yang bertujuan untuk validasi data hasil klasifikasi dengan kondisi lapangan. Uji ketelitian dilakukan untuk menentukan tingkat akurasi dari citra resolusi tinggi. Uji ketelitian hasil klasifikasi citra dalam pekerjaan ini yaitu dengan membuat matrik dari perhitungan setiap kesalahan (*confusion matrix*) pada setiap kelas hasil klasifikasi citra (Nadzir et al, 2020). Tahapan akhir dari pekerjaan ini adalah berupa uji akurasi terhadap hasil klasifikasi berbasis objek. Uji akurasi merupakan hal yang penting sebagai penilaian kualitas hasil klasifikasi berbasis objek pada citra resolusi tinggi. Hasil klasifikasi citra dapat digunakan apabila memenuhi syarat uji ketelitian klasifikasi. Uji ketelitian dalam pekerjaan ini menggunakan tabel perhitungan *Confusion Matrix Calculation*. Tabel perhitungan *confusion matrix* merupakan derivasi dari penjumlahan omisi, komisi, dan keseluruhan ketelitian pemetaan. Secara spesifik, penggunaan *confusion matrix* dalam penelitian ini digunakan pada tiga metode identifikasi lahan terbangun dan hasil pembobotan permukiman kumuh. Persentase ketepatan hasil klasifikasi dilihat dari nilai akurasi pengguna, akurasi produser, akurasi keseluruhan, dan statistik kappa (Congalton, 1991).

$$\text{Producer Accuracy} = \frac{x_{ii}}{x_{+i}} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{User Accuracy} = \frac{x_{ii}}{x_{+i}} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ii}}{N} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{Kappa Coefficient} = \frac{N \sum_{i=1}^n x_{ii} - \sum_{i=1}^n x_{i+}(x_{+i})}{N^2 \sum_{i=1}^n x_{i+}(x_{+i})} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

di mana:

$N$  = Jumlah semua piksel yang digunakan untuk pengamatan.

$R$  = Jumlah baris atau lajur pada matriks kesalahan (jumlah kelas).

$X_{ii}$  = Nilai diagonal dari matrik kontingensi baris ke- $i$  dan kolom ke- $i$ .

$X_{+i}$  = Jumlah piksel dalam kolom ke- $i$ .

$X_{i+}$  = Jumlah piksel dalam baris ke- $i$ .

Koefisien kappa Cohen dapat dikategorikan sebagai berikut: jika nilainya kurang dari atau sama dengan 0, itu menunjukkan bahwa tidak ada hubungan; jika nilainya berada di antara 0.01 hingga 0.20, itu dianggap sebagai hubungan yang sedikit; pada rentang 0.21 hingga 0.40, diinterpretasikan sebagai hubungan yang kurang baik; jika nilainya berada di antara 0.41 hingga 0.60, itu dianggap sebagai hubungan yang cukup baik; dalam rentang 0.61 hingga 0.80, dianggap sebagai hubungan yang kuat; dan jika nilainya berada di antara 0.81 hingga 1.00, itu dianggap sebagai hubungan yang sangat baik atau sempurna, sesuai dengan klasifikasi yang diusulkan oleh Cohen pada tahun 1960 (Cohen, 1960).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Distorsi Horizontal dari Koreksi Geometrik**

Hasil dari koreksi geometrik tergambar pada **Tabel 4**. Dari tabel ini, didapatkan nilai RMSE sebesar sub-meter (~30 cm). Nilai ini memenuhi CE90 (rentang kepercayaan 90%) yang dapat digunakan pada pembuatan peta RBI dengan skala sangat besar (skala 1:1.000) dan skala besar (skala 1:5.000).

**Pemetaan Lahan Terbangun**

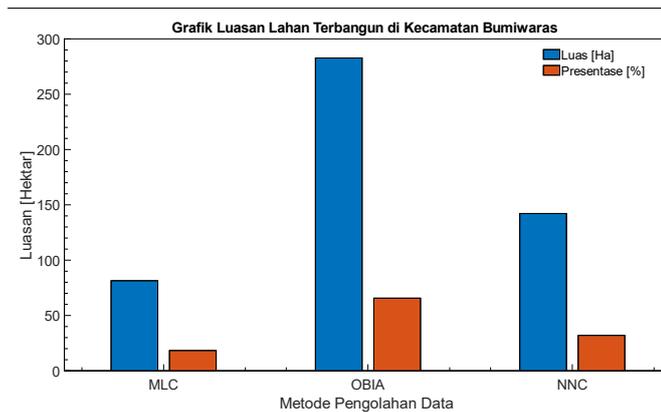
Penentuan kawasan permukiman dilakukan dengan proses interpretasi citra yang didasarkan dari penggunaan tiga metode yaitu metode MLC, OBIA dan NNC pada citra Pleiades di Kecamatan Bumiwaras, Kota Bandar Lampung tahun 2018 berjenis CSRT yang memiliki resolusi spasial sebesar 2 m. Sebelumnya, untuk memperlihatkan keunggulan penggunaan CSRT, intepretasi visual atas citra satelit tersebut dilakukan berdasarkan karakteristik morfologisnya (densitas dan ukuran bangunan, lokasi dan keberadaan jalan) yang tergambar pada **Tabel 9**.

Intepretasi secara visual ini tidak digunakan lebih lanjut dalam proses identifikasi lahan terbangun dan pembobotan permukiman kumuh, karena proses tersebut menggunakan hasil klasifikasi otomatis dari 3 metode yang sudah disebutkan. Didapatkan bahwa secara visual, lahan terbangun di atas 20 m<sup>2</sup> dapat terlihat, khususnya pada lokasi yang berbatasan langsung dengan jalan dan tidak terdapat kanopi tumbuhan di dekatnya. Hal ini menunjukkan bahwa citra Pleiades secara visual dapat digunakan untuk mengidentifikasi lahan terbangun dengan luasan lebih dari 20 m<sup>2</sup>. Kemampuan untuk mengidentifikasi secara visual dari permukiman ini merupakan salah satu nilai lebih yang ditemukan pada citra satelit Pleiades dibandingkan dengan citra satelit optik lainnya seperti koleksi Landsat ataupun koleksi Sentinel-2.

*Trade-off* yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan jenis citra satelit yang akan digunakan dalam analisis, antara resolusi yang tinggi dengan jangka waktu pengamatan yang panjang. Selanjutnya, memasuki proses inti dari penelitian ini, berdasarkan hasil klasifikasi otomatis menggunakan ketiga metode yang disebutkan di atas dan pengetahuan analisis tentang Permukiman di Kecamatan Bumiwaras maka diperoleh wilayah lahan terbangun di Kecamatan Bumiwaras seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 7**.

**Tabel 4.** Hasil koreksi geometrik citra Pleiades.

Peta X [m]	Peta Y [m]	Citra X [m]	Citra Y [m]	Prediksi X [m]	Prediksi Y [m]	Error X [m]	Error Y [m]	RM SE [m]	CE90 [m]	Kelas 1 RBI
536091,89	9394029,10	32804,20	34532,20	32804,16	34532,10	-0,04	-0,10	0,11	0,17	1:1000
527999,88	9396624,90	16545,20	29310,40	16545,44	29310,41	0,24	0,01	0,24	0,36	1:5000
523024,70	9403035,80	6545,10	16402,60	6544,75	16402,76	-0,35	0,16	0,39	0,59	1:5000
533286,79	9406989,60	27159,40	8433,70	27159,40	8433,47	0,00	-0,23	0,23	0,35	1:5000
535684,26	9401608,90	31980,11	19267,33	31979,99	19267,75	-0,12	0,42	0,44	0,67	1:5000
529917,26	9399952,90	20394,67	22607,11	20394,92	22606,81	0,25	-0,30	0,39	0,59	1:5000
528710,31	9403300,30	17967,90	15866,10	17967,48	15866,21	-0,42	0,11	0,43	0,65	1:5000
526517,66	9407416,20	13558,44	7578,67	7578,60	7578,60	0,44	-0,07	0,44	0,67	1:5000

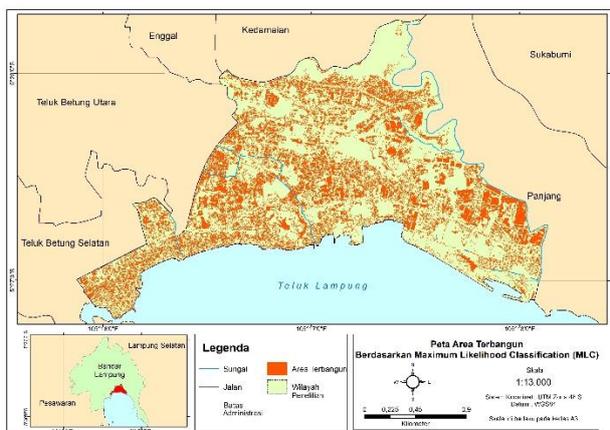


**Gambar 7.** Grafik luas permukiman Kecamatan Bumiwaras.

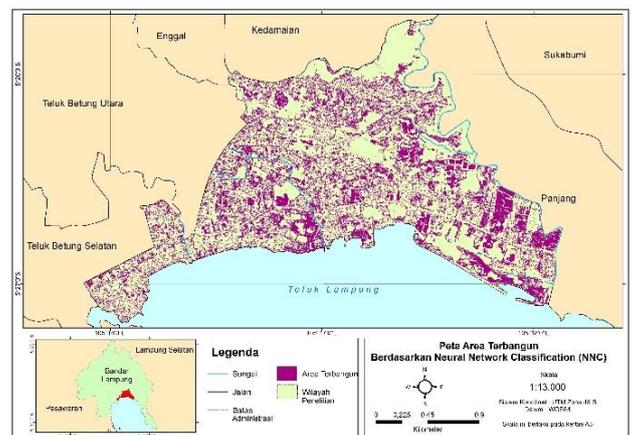
Dengan total luas wilayah Kecamatan Bumiwaras yaitu seluas 444.05 ha, maka dari gambar di atas secara kontekstual menunjukkan bahwa luas lahan terbangun di kecamatan Bumiwaras yang teridentifikasi menggunakan metode OBIA memiliki luas 2 kali lipat dibandingkan dengan luas lahan terbangun yang teridentifikasi dari 2 metode lainnya. Secara spesifik, persentasenya terhadap luas total Kecamatan Bumiwaras adalah 18,34 % pada metode MLC, 63,80 % pada metode OBIA dan 32,06 % pada metode NNC. Lebih jelasnya, distribusi Permukiman di Kecamatan Bumiwaras disajikan pada **Gambar 8**, **Gambar 9**, dan **Gambar 10** berikut ini.

**Gambar 9.** Peta distribusi kawasan lahan terbangun Kecamatan Bumiwaras metode *object-based image analysis (OBIA)*.

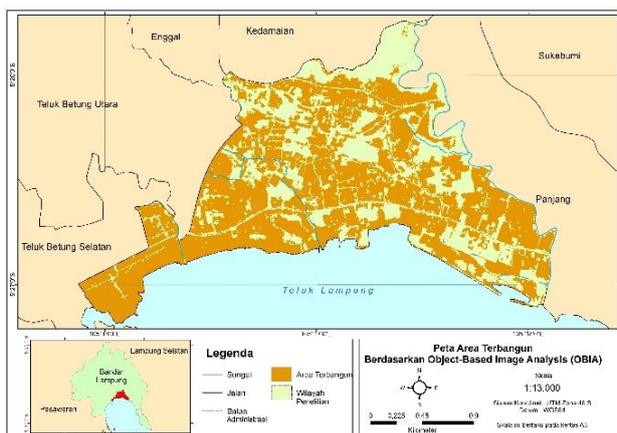
Apabila membandingkan dari **Gambar 8**, **Gambar 9** dan **Gambar 10** terlihat bahwa hasil dari identifikasi lahan terbangun menggunakan metode OBIA (**Gambar 9**) membentuk permukiman secara lebih natural dan menyatu dalam arti berbentuk blok-blok berdasarkan objek, dibandingkan dengan hasil dari metode MLC (**Gambar 8**) dan dan NNC (**Gambar 10**) yang melakukan identifikasi pada setiap piksel sehingga hasil identifikasi lahan terbangun yang didapatkan tampak tersebar dan tidak berbentuk blok. Kecenderungan hasil OBIA yang berbentuk blok ini menunjukkan kelebihan metode tersebut secara visual dibandingkan metode MLC dan NNC.



**Gambar 8.** Peta Distribusi Kawasan Lahan Terbangun Kecamatan Bumiwaras Metode *Maximum Likelihood Classification (MLC)*.



**Gambar 10.** Peta distribusi kawasan lahan terbangun Kecamatan Bumiwaras metode *neural-network classification (NNC)*.



Dalam rangka melihat lebih jauh hasil klasifikasi pada tingkat kelurahan, luas daerah terbangun tertulis pada **Tabel 5** di samping. Dari Tabel di bawah tergambar bahwa pada level Kelurahan, metode OBIA mengidentifikasi lahan terbangun dengan luasan ~2.5 kali lipat lebih besar daripada metode MLC dan NNC. Ditemukan pula bahwa kelurahan Sukaraja memiliki luasan lahan terbangun terbesar, diikuti dengan Bumi Waras dan.

Di sisi lain, kelurahan Kangkung memiliki luasan terkecil.

**Tabel 5.** Luas lahan terbangun Kecamatan Bumiwaras.

Kelurahan	Metode		
	MLC	OBIA	NNC
Bumi Waras	17.97	65.86	30.87
Garuntang	16.90	64.13	37.85
Kangkung	8.77	34.78	10.71
Pecoh Raya	16.70	43.26	23.20
Sukaraja	21.10	74.70	39.55

*Perbandingan Metode Klasifikasi permukiman*

Klasifikasi lahan terbangun menggunakan metode MLC, OBIA dan NNC kemudian dilakukan uji akurasi untuk mengetahui metode mana yang terbaik dalam melakukan klasifikasi lahan terbangun sesuai dengan karakteristik pada wilayah penelitian. Dalam kasus Kecamatan Bumiwaras diambil 50 titik sample di lapangan yang kemudian akan diuji menggunakan *confusion matrix*. Hasil uji akurasi disajikan pada **Tabel 6**, **Tabel 7** dan **Tabel 8**.

**Tabel 6.** Uji akurasi klasifikasi permukiman Kecamatan Bumiwaras menggunakan metode MLC.

Klasifikasi	Validasi Lapangan		
		Area Terbangun	Bukan Area Terbangun
		32	18
Interpretasi Citra	Area Terbangun	21	0
	Bukan Area Terbangun	11	18
<i>Commission</i>		0,00	37,93
<i>Omission</i>		34,38	0,00
<i>User Accuracy</i>		100,00	62,07
<i>Producer Accuracy</i>		65,63	100,00
<i>Overall Accuracy</i>			78,00
<i>Kappa Coefficient</i>			0,58

**Tabel 7.** Uji akurasi klasifikasi permukiman Kecamatan Bumiwaras menggunakan metode OBIA.

Klasifikasi	Validasi Lapangan		
		Area Terbangun	Bukan Area Terbangun
		32	18
Interpretasi Citra	Area Terbangun	32	2
	Bukan Area Terbangun	18	16
<i>Commission</i>		6,25	11,11
<i>Omission</i>		6,25	11,11
<i>User Accuracy</i>		93,75	88,89
<i>Producer Accuracy</i>		93,75	88,89
<i>Overall Accuracy</i>			92,00
<i>Kappa Coefficient</i>			0,83

**Tabel 8.** Uji akurasi klasifikasi permukiman Kecamatan Bumiwaras menggunakan metode NNC.

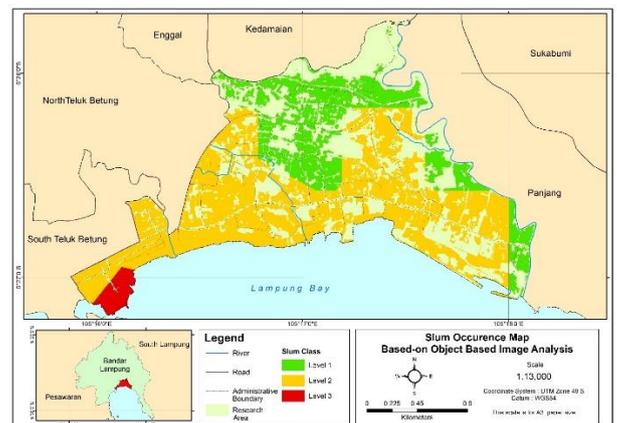
Klasifikasi	Validasi Lapangan		
		Area Terbangun	Bukan Area Terbangun
		32	18
Interpretasi Citra	Area Terbangun	15	3
	Bukan Area Terbangun	35	15
<i>Commission</i>		20.00	57.14
<i>Omission</i>		62.50	16.67
<i>User Accuracy</i>		80.00	42.86
<i>Producer Accuracy</i>		37.50	83.33
<i>Overall Accuracy</i>			57.45
<i>Kappa Coefficient</i>			0.20

Hasil perhitungan akurasi menggunakan *confusion matrix* yang ditunjukkan pada **Tabel 6**, **Tabel 7** dan **Tabel 8** menunjukkan hasil yang berbeda pada setiap metode yang digunakan. Selaras dengan analisis yang didapatkan dari perbandingan secara visual, metode dengan nilai *overall accuracy* terbesar adalah metode OBIA dengan nilai 92,00 %, sedangkan metode MLC memiliki nilai sebesar 78,00 % dan metode NNC sebesar 57,45 %. Selanjutnya, hasil perhitungan *Kappa Coefficient* mendukung lebih jauh temuan yang didapatkan, dengan hasil dari metode OBIA pada kategori sangat baik dengan nilai *Kappa Coefficient* sebesar 0,83, sementara metode MLC berkategori baik dengan nilai *Kappa Coefficient* sebesar 0,58 dan metode NNC berkategori tidak baik dengan nilai *Kappa Coefficient* sebesar 0,20. Melihat nilai komisi dan omisi yang menandakan bagaimana tingkat kesesuaian dari data lapangan terhadap data satelit dan sebaliknya menunjukkan bahwa OBIA secara konsisten memiliki nilai > 90 %, dibandingkan dengan hasil dari MLC yang mana memiliki *user accuracy* sempurna (100 %) tetapi memiliki *producer accuracy* 65 %, menandakan tingkat omisi sebesar 35 %. Hasil-hasil di atas menunjukkan kecenderungan yang sama, bahwa metode OBIA, dalam parameter kualitatif (*visual check*) dan kuantitatif (*confusion matrix*), adalah metode yang paling cocok dan pas untuk menjadi metode pilihan dalam klasifikasi lahan terbangun di Kecamatan Bumiwaras.

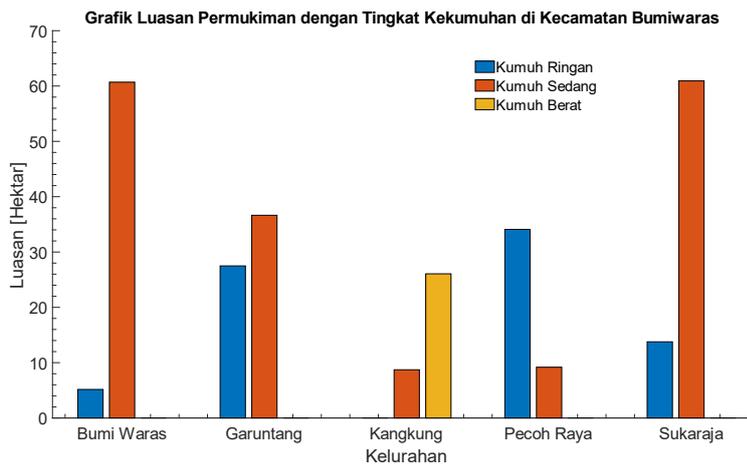
**Sebaran Kawasan Permukiman Kumuh**

Klasifikasi kekumuhan dilakukan dengan metode terbaik dari ketiga metode yang digunakan pada klasifikasi lahan terbangun di kecamatan Bumiwaras, yaitu metode OBIA. Pemetaan Kawasan Permukiman Kumuh Kecamatan Bumiwaras ini diperoleh dengan cara pembobotan terhadap delapan parameter kekumuhan yang mana sesuai dengan daftar yang dimuat dalam Peraturan Daerah Kota Bandar Lampung Nomor 04 Tahun 2017 Tentang Pencegahan Dan Peningkatan Kualitas Terhadap Perumahan Kumuh Dan Permukiman Kumuh (Lampung, 2017). Masukan (*input*) dari pembobotan adalah 50 titik survei lapangan yang sudah tergambarkan dan terjelaskan pada sub-bagian Metode. Berdasarkan hasil pembobotan maka diperoleh wilayah permukiman kumuh di Kecamatan Bumiwaras. Lebih jelasnya, luas lahan permukiman kumuh di Kecamatan Bumiwaras disajikan dalam **Gambar 11**.

Klasifikasi permukiman kumuh terbagi menjadi tiga kelas dimana terdiri dari kelas 1 atau kategori ringan, kelas 2 atau kategori sedang, serta kelas 3 atau kategori berat. Berdasarkan grafik di atas menunjukkan Kecamatan Bumiwaras didominasi oleh permukiman kumuh dengan kelas 2 atau kelas sedang dengan total luas yaitu 176,17 ha. Sementara kekumuhan kelas 1 atau ringan berada pada angka 80,51 ha dan kelas berat yaitu 26,06 ha. Analisis di tingkat kelurahan menunjukkan bahwa permukiman di Pecoh Raya didominasi oleh Kumuh Ringan, sedangkan tiga kelurahan lainnya didominasi oleh Kumuh Sedang; Bumi Waras, Garuntang, dan Sukaraja. Sedangkan kelurahan Kangkung memiliki luasan Kumuh Berat yang paling besar, dengan empat kelurahan lain tidak terdapat permukiman kumuh dengan luas masing-masing 0 ha. Hasil di atas menunjukkan bahwa kelurahan Kangkung memiliki luasan permukiman kumuh yang jauh lebih banyak dibanding dengan kelurahan lainnya, selaras dengan pengamatan survei lapangan dan juga sesuai dengan lokasi kelurahan Kangkung itu sendiri, berada di bibir pantai dengan permukiman di atas laut. Di sisi lain, tidak adanya permukiman kumuh berat dan didominasinya permukiman kumuh sedang dan ringan di empat kelurahan lain menunjukkan tingkat penghasilan yang cukup baik. Sayangnya, perbedaan hasil di lima kelurahan ini terarah kepada adanya ketimpangan sosial di Kecamatan Bumiwaras. Hasil analisis spasial pemetaan kawasan permukiman kumuh Kecamatan Bumiwaras menunjukkan distribusi kawasan permukiman kumuh dimana dapat dilihat pada **Gambar 12**.



**Gambar 12.** Peta kelas permukiman kumuh Kecamatan Bumiwaras, Bandar Lampung.



**Gambar 11.** Luas permukiman kumuh Kecamatan Bumiwaras.

**Tabel 9.** Perbandingan hasil klasifikasi permukiman kumuh menggunakan metode OBIA dengan kenampakan citra Pleiades tahun 2018.

No	Desa	Hasil Klasifikasi			Lapangan		
		Rendah	Sedang	Berat	Rendah	Sedang	Berat
1	Bumi Waras			-			-
2	Garuntang			-			-
3	Kangkung	-			-		
4	Pecoh Raya			-			-
5	Sukaraja			-			-

**Perbandingan level klasifikasi permukiman kumuh setiap kelurahan**

Dari peta sebaran permukiman kumuh Kecamatan Bumiwaras di atas dilakukan pencuplikan citra Pleiades untuk melihat bagaimana kenampakan setiap kelas-kelas permukiman kumuh di Kecamatan Bumiwaras jika dilihat dari atas. Hasil cuplikan citra Pleiades pada sebaran permukiman kumuh Kecamatan Bumiwaras dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Terlihat pada **Tabel 9** bahwa secara visual, perbedaan dari ketiga kelas permukiman kumuh tidak terlalu terlihat, kecuali adanya vegetasi sebagai penanda ruang terbuka hijau (RTH) yang memberikan nilai lebih untuk permukiman menjadi permukiman dengan kelas kumuh rendah.

Sebaliknya, keberadaan jalan yang sempit (teridentifikasi < 1 m) secara tidak langsung mengarah pada teridentifikasinya permukiman tersebut menjadi permukiman dengan kelas berat. Ditambah dengan hasil dan analisis yang disampaikan pada sub-bagian sebelumnya, analisis-analisis dapat disampaikan mengarah kepada metode OBIA sebagai metode pilihan untuk mengidentifikasi lahan terbangun menggunakan citra satelit resolusi tinggi (CSRT) seperti Pleiades. Selanjutnya, peran survei lapangan masih belum tergantikan dan dibutuhkan untuk dapat mengklasifikasi tingkatan permukiman kumuh sesuai dengan aturan-aturan yang berlaku di tingkat kabupaten/kota, provinsi, maupun secara nasional. Sehingga, kombinasi metode OBIA dan survei lapangan dapat dijadikan sebagai metode

pilihan untuk memetakan lahan terbangun dan menentukan permukiman kumuh di lokasi lain di Indonesia secara efisien dan adaptif.

### Hasil dari Penginderaan Jauh vs Survei Langsung

Melihat kembali **Gambar 1** pada sub-bagian Pendahuluan, di kecamatan Bumiwaras tidak terdapat permukiman yang diklasifikasikan sebagai permukiman kumuh dari versi Kotaku (Kementerian PUPR, 2020). Hal ini berbeda dengan hasil yang didapatkan dalam penelitian ini, di mana ada permukiman kumuh kelas berat di kelurahan Kangkung. Perbedaan ini dapat diatribusikan kepada perbedaan metode pengambilan data, di mana metode yang digunakan pada program Kotaku adalah survei lapangan secara langsung yang bisa saja tidak mencapai seluruh titik yang diperlukan untuk mewakili Kecamatan Bumiwaras. Selain itu, perbedaan hasil ini dapat diduga bersumber pada perbedaan tahun dari pengamatan yang dilakukan, yaitu tahun 2018 dibandingkan dengan tahun 2020.

### KESIMPULAN

Penggunaan citra satelit selama dua dekade terakhir mulai banyak digunakan untuk melakukan pemetaan permukiman kumuh dengan hasil yang cukup baik untuk menggantikan pemetaan dengan metode survei lapangan langsung. Pemetaan kawasan kumuh dapat diidentifikasi menggunakan metode Maximum Likelihood Classification (MLC), Object-Based Image Analysis (OBIA), dan Neural Network Classification (NNC) yang dilanjutkan dengan uji akurasi dan proses pembobotan permukiman kumuh yang berasal dari titik survei lapangan. Hasil pemetaan menunjukkan variasi yang signifikan dengan metode OBIA menunjukkan akurasi tertinggi dengan overall accuracy sebesar 92,00 %. Sedangkan MLC memiliki nilai akurasi sebesar 78,00 %, dan NNC memiliki nilai akurasi sebesar 57,45 %. Akurasi yang tinggi dalam metode OBIA mengindikasikan keefektifan pendekatan berbasis objek dalam pemetaan. Hasil analisis spasial mengungkapkan bahwa sebagian besar permukiman kumuh di Kecamatan Bumiwaras diklasifikasikan sebagai kelas sedang dengan luas mencapai 176,17 ha. Permukiman kumuh dengan tingkat kekumuhan kelas ringan mencakup 80,51 ha, sedangkan kelas berat mencakup 26,06 ha. Perlu diperhatikan bahwa ada perbedaan antara hasil penelitian ini dengan data lain di tahun 2020 yang menggunakan pengamatan secara langsung. Kombinasi OBIA yang sudah disesuaikan parameter segmentasinya (*shape*, *scale* dan *compactness*) dengan kondisi nyata di lokasi dan survei lapangan dirasa baik untuk bisa diaplikasikan di lokasi lain di Indonesia sebagai pengganti metode pengamatan secara langsung dalam rangka menentukan lokasi

lahan terbangun dan menentukan lokasi permukiman mana saja yang tergolong pada permukiman dengan level kumuh berat.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih sebesar-besarnya kami sampaikan kepada tim surveyor yang telah memberikan kontribusi yang luar biasa dalam pelaksanaan pengambilan data lapangan dalam penelitian ini. Upaya yang dilakukan oleh tim surveyor telah berperan krusial dalam memastikan penyelesaian penelitian ini dengan baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abburu, S., & Golla, S. B. (2015). Satellite image classification methods and techniques: A review. *International journal of computer applications*, 20-25.
- Aminipouri, M., Sliuzas, R., & Kuffer, M. (2009). Object-Oriented Analysis Of Very High Resolution Orthophotos For Estimating The Population Of Slum Areas, Case Of Dar-Es-Salaam, Tanzania Informal Settlement Mapping with UAVs View project Global urban mapping View project. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/249657967>.
- Bashit, N., Prasetyo, Y., Sukmono, A., & Wicaksono, W. (2020). Analysis of Built-up Land Spatial Patterns Using Multitemporal Satellite Imagery in Pekalongan City. *JOURNAL OF APPLIED GEOSPATIAL INFORMATION*, 4(2), 356. Retrieved from <http://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAGI>
- Bhatti, S. S., & Tripathi, N. K. (2014). Built-up area extraction using Landsat 8 OLI imagery. *GIScience and Remote Sensing*, 51(4), 445-467. <https://doi.org/10.1080/15481603.2014.939539>.
- Bheda, D., Mahasweta Joshi, A., & Vikram Agrawal, A. (2014). A Study on Features Extraction Techniques for Image Mosaicing. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering (An ISO 3297: 2007 Certified Organization)*, 2(3). Retrieved from [www.ijircce.com](http://www.ijircce.com)
- Buermann, W., Saatchi, S., Smith, T. B., Zutta, B. R., Chaves, J. A., Milá, B., & Graham, C. H. (2008). Predicting species distributions across the Amazonian and Andean regions using remote sensing data. *Journal of Biogeography*, 1160-1176.
- BIG. (2020). Ina-Geoportal. Cited in <https://tanahair.indonesia.go.id> [15 Agustus 2020].
- BPS. (2019). Jumlah Penduduk Kota Bandar Lampung Dirinci menurut Kecamatan dan Jenis Kelamin Tahun 2018.
- BPS. (2022). Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT).
- Bu, L., Dai, D., Tu, L., Zhang, Z., Deng, M., & Xie, X. (2022). An STP-HSI index method for urban built-up area extraction based on multi-source remote sensing data. *Royal Society Open Science*, 9(11). <https://doi.org/10.1098/rsos.220597>
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and psychological measurement*, 37-46.

- Congalton, R. G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote sensing of environment*, 35-46.
- Danoedoro, P. (1996). *Pengolahan Citra digital Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Green, E., Mumby, P., Edwards, A., & Clark, C. (2000). *Remote sensing: handbook for tropical coastal management*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).
- Hossain, M. D., & Chen, D. (2019, April 1). Segmentation for Object-Based Image Analysis (OBIA): A review of algorithms and challenges from remote sensing perspective. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 150, pp. 115–134. Elsevier B.V.  
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.02.009>
- Kementerian PUPR. (2020). *Program Kotaku (Kota Tanpa Kumuh)*. Bandar Lampung.
- Kit, O., Lüdeke, M., & Reckien, D. (2012). Texture-based identification of urban slums in Hyderabad, India using remote sensing data. *Applied Geography*, 32(2), 660–667.  
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.07.016>
- Kohli, D., Warwadekar, P., Kerle, N., Sliuzas, R., & Stein, A. (2013). Transferability of object-oriented image analysis methods for slum identification. *Remote Sensing*, 5(9), 4209–4228.  
<https://doi.org/10.3390/rs5094209>
- Kuffer, M., Pfeffer, K., & Sliuzas, R. (2016). Slums from space-15 years of slum mapping using remote sensing. *Remote Sensing*, Vol. 8. MDPI AG.  
<https://doi.org/10.3390/rs8060455>
- LAPAN. (2018). *Informasi Satelit Pleiades Pusat Pemanfaatan Teknologi Dirgantara (Pusfatekgan)*. Cited in <https://pusfatekgan.lapan.go.id> [18 September 2018].
- Mather, P. M., & Koch, M. (2011). *Computer processing of remotely-sensed images: an introduction*. John Wiles & Sons.
- Moik, J. G. (1980). *Digital processing of remotely sensed images*. National Aeronautics and Space Administration.
- Mukherjee, A., Kumar, A. A., & Ramachandran, P. (2021). Development of New Index-Based Methodology for Extraction of Built-Up Area from Landsat7 Imagery: Comparison of Performance with SVM, ANN, and Existing Indices. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 59(2), 1592–1603.  
<https://doi.org/10.1109/TGRS.2020.2996777>
- Nadzir, Z. A., Simarmata, N., & Aliffia, A. (2020). Pengembangan Algoritma Identifikasi Sawah Padi Berdasarkan Spektra Fase Padi (Studi Kasus: Lampung Selatan) (Paddy Field Identification Algorithm Development Using Spectral Value of Paddy Field (Case Study: South Lampung)). *Jurnal Sains Informasi Geografi (J SIG)*, 3(1), 23–36.
- Nakamura, S. (2014). Impact of slum formalization on self-help housing construction: A case of slum notification in India. *Urban Studies*, 51(16), 3420–3444.  
<https://doi.org/10.1177/0042098013519139>
- Openshaw, S., & Openshaw, C. (1997). *Artificial Intelligence in Geography*. New York: John Wiley & Sons.
- Pal, M., & Mather, P. M. (2005). Support vector machines for classification in remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 26(5), 1007–1011.  
<https://doi.org/10.1080/01431160512331314083>
- Peraturan Daerah Kota Bandar Lampung. (2017). *Tentang Pencegahan Dan Peningkatan Kualitas Terhadap Perumahan Kumuh Dan Permukiman Kumuh*. Peraturan Daerah Nomor: 04 Tahun 2017. Bandar Lampung: Walikota Bandar Lampung.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia. (2017). *Tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan*. Peraturan Presiden Nomor: 59 Tahun 2017. Jakarta: Pemerintah Pusat.
- Purwadi, S. H., & Sanjoto, T. B. (2008). *Pengantar Interpretasi Citra Penginderaan Jauh*. Unnes dan Lapan.
- Ratnasari, D., & Nugraha, J. (2021). Pengaruh UMK, Pendidikan, Jumlah Penduduk Terhadap Penyerapan Tenaga Kerja Di Kota/Kabupaten Jawa Tengah. *INDEPENDENT : Journal of Economics*, 16-32.
- Richards, J. A. (1999). *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*. Berlin: Springer-Verlag.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-03978-6>
- Shinozuka, M., & Mansouri, B. (2009). Synthetic aperture radar and remote sensing technologies for structural health monitoring of civil infrastructure systems. In *Structural health monitoring of civil infrastructure systems* (pp. 113-151). Woodhead Publishing.
- Simarmata, N., Nadzir, Z. A., & Agustina, L. K. (2022). Application of Spot6/7 Satellite Imagery for Rice Field Mapping Based on Transformative Vegetation Indices, 14(1), 69. *Jurnal Geografi*, 14(1), 69.
- Taubenböck, H., & Kraff, N. J. (2014). The physical face of slums: A structural comparison of slums in Mumbai, India, based on remotely sensed data. *Journal of Housing and the Built Environment*, 29(1), 15–38.  
<https://doi.org/10.1007/s10901-013-9333-x>
- UN-HABITAT. (2003). *Slums of the World: The face of urban poverty in the new millennium?* Nairobi: United Nations Human Settlements Programme.
- UN-HABITAT. (2013). *The state of the world's cities 2012/2013*. New York: United Nations Human Settlements Programme.
- United Nation. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York.
- Widayani, P. (2018). *Aplikasi object-based image analysis untuk identifikasi awal permukiman kumuh menggunakan Citra satelit worldview-2*.  
<https://doi.org/10.22146/mgi>
- Wurm, M., & Taubenböck, H. (2018). Detecting social groups from space – assessment of remote sensing-based mapped morphological slums using income data. *Remote Sensing Letters*, 9(1), 41–50.  
<https://doi.org/10.1080/2150704X.2017.1384586>
- Xiaoxia, S., Jixian, S., & Zheungjun, L. (2004). A Comparison of Object Oriented and Pixel Based Classification Approach Using Quickbird Imagery. *Chinese Academy of Surveying and Mapping*. Beijing, Cina.