

Evaluasi dan Penilaian Kepadatan Bangunan Perkotaan menggunakan Analisis Spasial NDBI di Kota Malang Jawa Timur

Jaduk Arief Susetyo, Robby Hilmi Rachmadian, Hety Dwi Lestari, Mega Rizka Cendikia, Umi Fadhila Marshanda, Syamsul Bachri

Masuk: 26 05 2024 / Diterima: 14 08 2024 / Dipublikasi: 31 12 2024

Abstract Remote sensing and geographic information systems are now increasingly advanced, making it possible to map building density more effectively. The aim of this research is to map and determine the comparison of building density levels in Malang City from 2019 to 2023. This research uses the Normalized Difference Built-up Index (NDBI) value transformation method. Data collection techniques in this research include field surveys and 2A sentinel image processing with a spatial resolution of 10 meters and sub-district administrative boundary data in Malang City, then classifying them into built-up and non-built-up land classes. The data analysis technique uses an accuracy test with Confusing Matrix. Based on the results of the NDBI index mapping, the development of built-up areas in Malang City is in the northern and eastern regions, namely in Lowokwaru District at 10% and Kedungkandang District at 14%, with an overall increase in Malang City of 8% from 2019 to 2023. Validation results ROC and AUC show a value of 0.891 or 89% which is categorized as good. This research also carried out field validation at 175 points in Malang City. This shows that the increasing population will affect the density of buildings in urban areas. Therefore, efforts need to be made to reduce the rate of building growth in order to maintain undeveloped land to support the environment.

Keywords: Building Density; Receiver Operating Characteristics; Area Under Curve; NDBI; Spatial Analysis

Abstrak Penginderaan jauh dan sistem informasi geografis kini semakin maju sehingga memungkinkan pemetaan kepadatan bangunan menjadi lebih efektif. Tujuan dari penelitian ini adalah memetakan dan mengetahui perbandingan luasan tingkat kepadatan bangunan di Kota Malang tahun 2019 hingga 2023. Penelitian ini menggunakan metode transformasi nilai *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI). Teknik pengumpulan data pada penelitian ini meliputi survey lapangan dan pengolahan citra sentinel 2A dengan resolusi spasial 10 meter dan data batas administrasi kecamatan di Kota Malang kemudian mengklasifikasi menjadi kelas lahan terbangun dan non terbangun. Teknik analisis data menggunakan uji akurasi dengan analisis *Confusion Matrix*. Berdasarkan hasil pemetaan indeks NDBI, perkembangan wilayah terbangun di Kota Malang berada pada wilayah bagian utara dan timur yaitu di Kecamatan Lowokwaru sebesar 10% dan Kecamatan Kedungkandang sebesar 14%, dengan peningkatan secara keseluruhan Kota Malang sebesar 8% dari tahun 2019 hingga 2023. Hasil validasi ROC dan AUC menunjukkan nilai 0,891 atau 89% yang dikategorikan baik. Penelitian ini juga melakukan validasi lapangan di 175 titik di Kota Malang. Hal ini menunjukkan bahwa penduduk yang semakin bertambah akan berpengaruh pada kepadatan bangunan di perkotaan. Oleh karena itu, perlu adanya upaya untuk menekan laju pertumbuhan bangunan agar dapat mempertahankan lahan non terbangun untuk keberlanjutan lingkungan.

Kata kunci: Kepadatan Bangunan; Receiver Operating Characteristics; Area Under Curve; NDBI; Analisis Spasial

1. Pendahuluan

Kota merupakan pusat aktivitas masyarakat yang dimulai dari sektor pemerintahan, perekonomian, industri, kebudayaan, dan keamanan. Suatu kota memiliki pertumbuhan yang tinggi dibandingkan dengan daerah lain (Ismail, 2020; Wibowo, 2013). Lahan terbangun terus meningkat pada daerah perkotaan yang dapat didefinisikan sebuah bentang permukaan bumi yang telah mengalami perubahan akibat campur tangan manusia dan mempunyai fungsi khusus dalam masyarakat yang berupa kenampakan fisik terbangun, seperti permukiman, industri, dan akses jalan (Pahleviannur, 2019). Dalam suatu kota, perkembangan dan pertumbuhan disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain aktivitas dan pergerakan manusia. Oleh karena itu, perkembangan lahan terbangun di perkotaan akibat dari pergerakan manusia harus mendapat perhatian khusus dari semua pihak.

Pembangunan pemukiman penduduk yang tidak terkontrol dapat berdampak pada ketidakseimbangan lahan dan dampak lingkungan yang dapat merugikan masyarakat setempat (Asfiati & Zurkiyah, 2021; Iek et al., 2014). Hal ini tidak sejalan dengan pembangunan perkotaan yang berkelanjutan dan tidak memperhatikan keseimbangan ekosistem, kesehatan, dan kesejahteraan masyarakat. Perlu adanya upaya pemanfaatan dan pengelolaan ruang secara bertanggung

jawab, peduli lingkungan, dan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Penggunaan teknologi geospasial dapat memecahkan permasalahan pemanfaatan dan pengelolaan tata ruang perkotaan.

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan metode dalam menganalisis pengembangan wilayah, penginderaan jauh dan sistem informasi geografis kini semakin maju sehingga memungkinkan pemetaan kepadatan bangunan menjadi lebih efektif. Citra penginderaan jauh merupakan data yang berfungsi untuk memantau dan memetakan perubahan lahan terbangun dan lahan kosong di perkotaan yang kaitannya terhadap pertumbuhan penduduk dan peningkatan urbanisasi (Hariyanto et al., 2023) Kemampuan penginderaan jauh ini didukung oleh kondisi resolusi spasial dan saluran yang tepat untuk memantau perubahan lahan terbangun di perkotaan. Peran data penginderaan jauh sangat penting dalam pengelolaan penggunaan lahan perkotaan (Pahleviannur, 2019; Ramadhani, 2022; Rosyadi & Azahra, 2020). Oleh karena itu, indeks lahan terbangun dapat mempermudah pengolahannya karena setiap indeks lahan terbangun memiliki nilai dan informasi yang berbeda-beda.

Penelitian yang membahas permasalahan kepadatan bangunan menggunakan indeks lahan terbangun *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) telah banyak dimanfaatkan di Indonesia (Guha et al., 2018; Macarof & Statescu, 2017; Rosyadi & Azahra, 2020; Syahputra et al., 2021). Mengidentifikasi kepadatan bangunan menggunakan indeks lahan terbangun NDBI dapat didefinisikan sebagai

Jaduk Arief Susetyo^{1*}, Robby Hilmi Rachmadian¹, Hety Dwi Lestari¹, Mega Rizka Cendikia¹, Umi Fadhila Marshanda¹

¹Universitas Negeri Malang, Indonesia

*jaduk.arief.2307218@students.um.ac.id

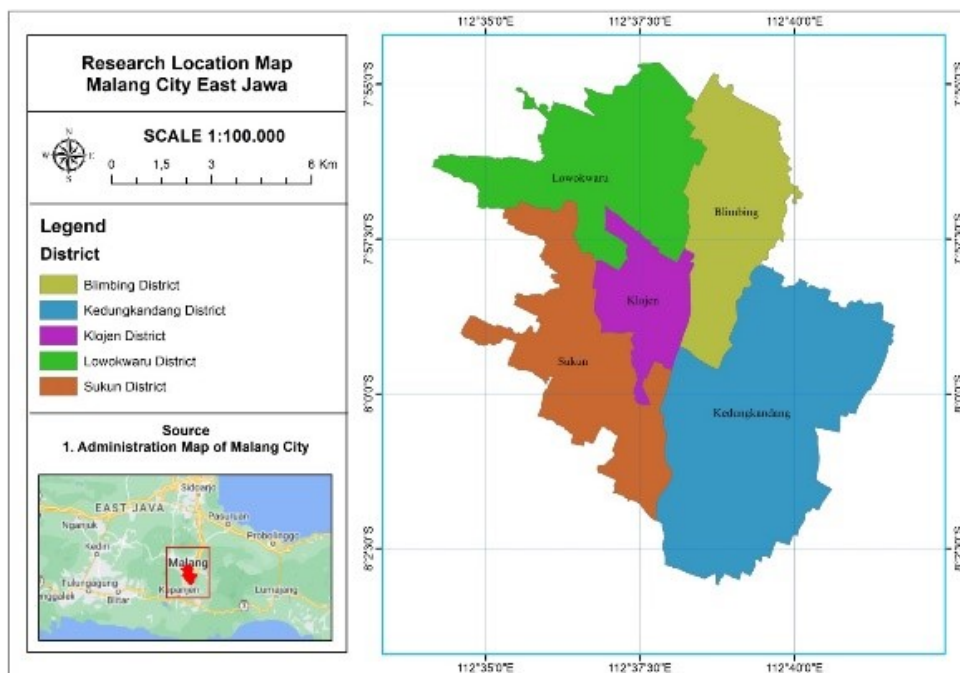
metode melibatkan data penginderaan jauh yang memproduksi citra baru untuk menunjukkan tingkat kepadatan bangunan di suatu wilayah (Rosyadi & Azahra, 2020; Syahputra et al., 2021). Penelitian ini tidak hanya terbatas pada pemetaan dengan analisis NDBI, namun juga menjelaskan faktor dan dampak kepadatan bangunan di Kota Malang pada tahun 2019-2023.

Kota Malang sebagai salah satu pusat pendidikan di Indonesia mengalami banyak perubahan penggunaan lahan perkotaan. Berbagai institusi pendidikan menjadi faktor penarik bagi penduduk untuk menjadikan Kota Malang sebagai pusat permukiman dan aktivitas perekonomian sehingga banyak pengembangan pengembangan permukiman terbangun (Zhong et al., 2018). Selain itu, terdapat juga pengembangan tanah kavling, perumahan, kawasan industri, dan

perdagangan di sekitar wilayah Kota Malang sehingga memberikan perubahan pada pola penggunaan lahan. Maka dari itu, tujuan penelitian ini adalah memetakan tingkat kepadatan bangunan dan mengetahui perbandingan luasan tingkat kepadatan bangunan di Kota Malang pada tahun 2019 hingga tahun 2023.

2. Metode

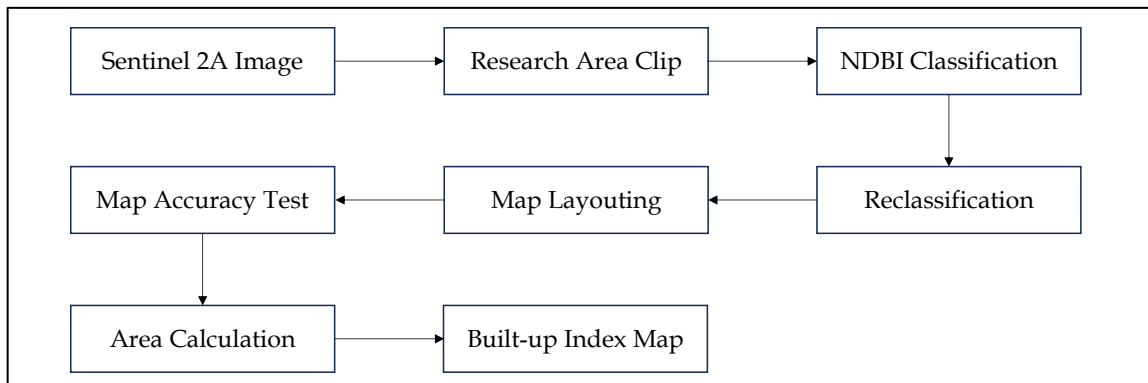
Lokasi penelitian ini dilakukan di Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia, yang terdiri dari lima kecamatan yaitu Kecamatan Klojen, Kecamatan Blimbing, Kecamatan Lowokwaru, Kecamatan Kedungkandang, dan Kecamatan Sukun. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2023. Penelitian diawali dengan studi pustaka dan survey pra penelitian terkait kepadatan bangunan yang ada di Kota Malang.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Penelitian menggunakan sumber data Citra Sentinel 2A dengan spesifikasi resolusi spasial 10 meter. Resolusi spasial citra satelit didefinisikan oleh ukuran piksel pada citra satelit, setiap piksel dalam citra mencakup area dengan ukuran sekitar 10 meter x 10 meter di permukaan

bumi. Citra Sentinel 2A diperoleh dari memanggil data menggunakan software Google Earth Engine yang kemudian diproses dalam tahapan pengolahan data. Selain itu, kami juga melakukan studi pustaka terkait dengan transformasi indeks *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI).



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Tahapan pengolahan data diawali dengan pemanggilan data dengan menggunakan Google Earth Engine yang kemudian dipotong sesuai dengan wilayah kajian. Tujuan pemotongan citra Sentinel 2A adalah untuk membatasi wilayah kajian yakni Kota Malang. Metode analisis pada penelitian ini adalah menggunakan transformasi nilai NDBI pada Citra Sentinel 2A pada wilayah penelitian. Data yang telah diproses akan diklasifikasi menjadi dua kelas, yaitu lahan terbangun dan lahan non terbangun. Adapun rumus transformasi citra menggunakan NDBI.

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$$

Keterangan:

NIR = *Near Infrared* (Band 8)

SWIR = *Shortware Infrared* (Band 11)

Hasil dari perhitungan NDBI berupa peta indeks lahan terbangun Kota Malang. Kepadatan bangunan hasil transformasi Citra Sentinel 2A memiliki rentang nilai antara -1 sampai 1. Klasifikasi NDBI menunjukkan piksel dengan nilai 1 dinyatakan sebagai piksel *built-up* dan piksel lainnya yang bernilai 0 dinyatakan sebagai piksel *non-built-up*.

Tabel 1. Rentang nilai klasifikasi NDBI

Klasifikasi dan rentang nilai indeks kepadatan	Klasifikasi kepadatan	Rentang nilai indeks kepadatan
1	Lahan non terbangun	-1 – 0
2	Lahan terbangun	0,1 – 1

Sumber: Zha et al., 2003

Membedakan tingkat kepadatan bangunan pada analisis NDBI dengan luasan kepadatan bangunan, perlu menghitung NDBI untuk identifikasi area terbangun berdasarkan band SWIR dan NIR dari citra satelit. Setelah nilai NDBI diperoleh, peneliti menetapkan nilai klasifikasi untuk mengidentifikasi area terbangun. Penelitian ini mengklasifikasikan tingkat kepadatan bangunan menjadi 2 jenis, yaitu lahan terbangun dan lahan non terbangun yang disajikan pada tabel 1.

Hasil dari transformasi indeks NDBI kemudian data hasil pengolahan dilakukan reklasifikasi atau ditentukan kelasnya menjadi dua kelas yaitu kelas lahan terbangun dan lahan non terbangun. Proses reklasifikasi menggunakan aplikasi ArcGIS 10.8. setelah proses reklasifikasi dan layout kemudian output pengolahan data

Sentinel 2A menjadi peta tentatif indeks lahan terbangun Kota Malang. Penentuan sampel validasi lapangan menggunakan perhitungan berikut: tentukan Z-score, untuk 95% tingkat kepercayaan, $Z = 1.96$. Proporsi lahan terbangun: $p=0.6492$ atau 64,92% dengan estimasi awal bahwa 15% wilayah adalah lahan terbangun, *margin of error*: $E=0.1$ (10%), menghasilkan jumlah sampel sebanyak 175. Uji akurasi peta tentatif indeks lahan terbangun Kota Malang dengan menggunakan 175 titik pengambilan sampel. Peta Indeks Lahan Terbangun Kota Malang yang telah diuji akurasinya kemudian dihitung ketelitian hasil agar dapat digunakan. Peta tentatif indeks lahan terbangun Kota Malang kemudian diuji akurasinya dengan metode analisis *Confusion Matrix*. berdasarkan tabel 2.

Tabel 2. Rentang nilai hasil *Confusion Matrix*

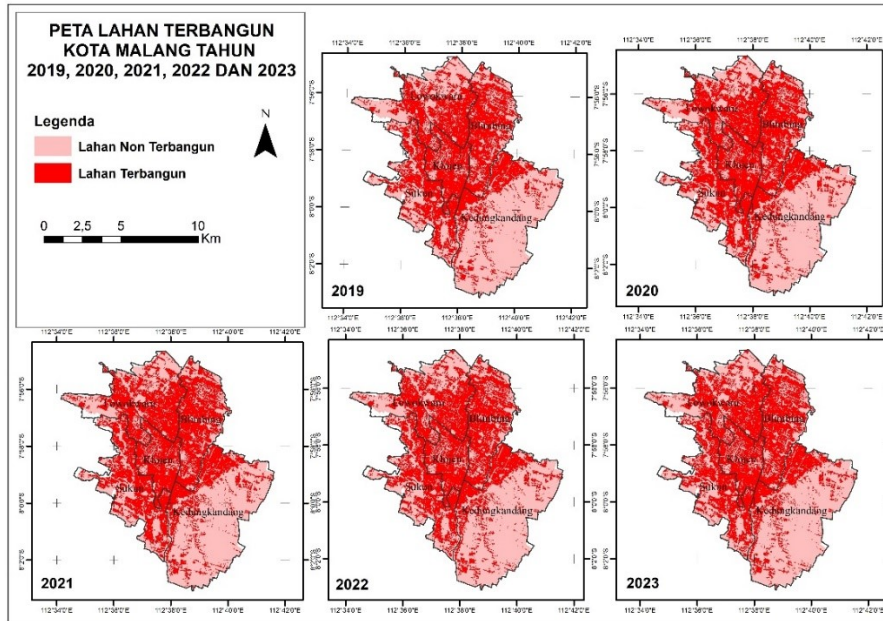
No	Rentang nilai AUC	Keterangan
1	60% - 70%	Kurang baik
2	71% - 80%	Sedang
3	81% - 90%	Baik
4	91% - 100%	Sangat Baik

Sumber: Ellen et al (2019); Liu et al (2022)

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pemetaan indeks NDBI Kota Malang perkembangan wilayah terbangun di Kota Malang berada pada wilayah bagian utara dan timur yaitu di Kecamatan Lowokwaru dan Kecamatan Kedungkandang. Perkembangan wilayah terbangun tertinggi terjadi di Wilayah Kecamatan Kedungkandang

dan Kecamatan Lowokwaru karena wilayah tersebut banyak terjadi proses alih fungsi lahan dari lahan produktif ke lahan terbangun. Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan hasil output peta klasifikasi lahan terbangun dan lahan non terbangun. Peta indeks lahan terbangun Kota Malang disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Peta Indeks Terbangun Kota Malang Tahun 2019-2023

Pada penelitian ini analisis NDBI digunakan untuk mengidentifikasi area terbangun dengan membandingkan reflektansi spektral dari SWIR dan NIR. Berdasarkan analisis NDBI tersebut, hasilnya berupa nilai indeks yang menunjukkan adanya lahan terbangun pada suatu wilayah. Terdapat beberapa langkah dalam memastikan hasil NDBI mencakup seluruh lahan terbangun dalam penelitian ini, antara lain membandingkan hasil analisis NDBI

dengan data referensi seperti peta penggunaan lahan untuk memastikan bahwa area yang diidentifikasi valid, melakukan analisis temporal dengan menggunakan data satelit dari waktu yang berbeda untuk melihat perubahan dan memastikan konsistensi dalam identifikasi lahan terbangun, dan menggunakan perangkat lunak Google Earth Engine untuk analisis dan pemrosesan data geospasial untuk memperoleh hasil analisis NDBI secara detail.

Tabel 3. Luas Lahan Terbangun di Daerah Penelitian

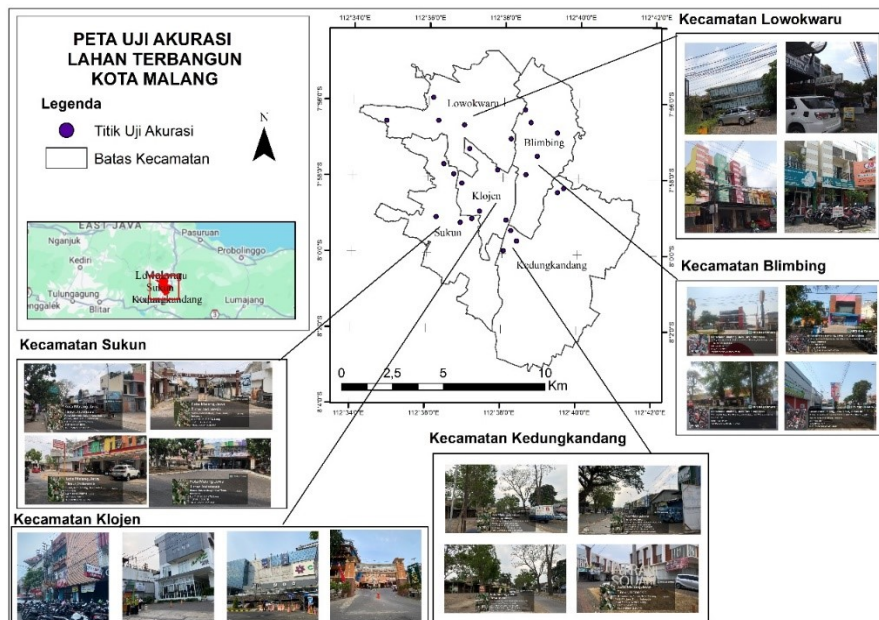
Kecamatan	Lahan terbangun (dalam hektare)					Nilai Signifikansi p-value	Keterangan Interpretasi
	2019	2020	2021	2022	2023		
Blimbing	1159	1174	1197	1198	1215	0,027	Terdapat tren kenaikan
Kedungkandang	924	992	1017	1017	1051	0,043	Terdapat tren kenaikan
Klojen	706	694	718	718	715	0,613	Tidak Terdapat tren kenaikan
Lowokwaru	1193	1252	1291	1291	1315	0,043	Terdapat tren kenaikan
Sukun	1092	1108	1154	1155	1164	0,027	Terdapat tren kenaikan
Total	5074	5220	5377	5379	5460		

Korelasi antara kepadatan bangunan dan NDBI adalah salah satu cara untuk mengevaluasi proses analisis NDBI dapat menyajikan tingkat kepadatan bangunan di suatu wilayah. Indeks kepadatan bangunan merujuk pada area atau wilayah yang memiliki konsentrasi atau kepadatan yang tinggi dari bangunan atau struktur pembangunan. Hal ini berhubungan dengan seberapa padat atau rapatnya bangunan-bangunan yang ada di suatu area dengan luas total lahan yang digunakan atau terbangun.

Jumlah lahan terbangun di Kota Malang mengalami tren kenaikan yang cukup signifikan sejak tahun 2019 hingga tahun 2023. Tren peningkatan terjadi di beberapa kecamatan yang merupakan daerah penyangga pusat Kota Malang. Peningkatan nilai indeks kepadatan bangunan terkonsentrasi di wilayah pinggiran, yang menjelaskan

kawasan non terbangun telah diubah menjadi area terbangun pada tahun 2019 hingga 2023.

Kepadatan bangunan merujuk pada jumlah bangunan atau luas area terbangun dalam suatu wilayah tertentu yang diukur dalam bentuk jumlah bangunan per kilometer persegi. Dalam mengukur kepadatan bangunan, penelitian ini menggunakan analisis melalui citra satelit, analisis spasial menggunakan perangkat lunak GIS, serta survei lapangan. Pada area dengan kepadatan bangunan tinggi, nilai NDBI cenderung lebih tinggi karena banyaknya permukaan terbangun yang mencerminkan karakteristik spektral inframerah. Pola ini juga sejalan dengan pertumbuhan Kota Malang yang meningkat ke arah utara dan timur yaitu Kecamatan Lowokwaru dan Kecamatan Kedungkandang.



Gambar 4. Peta Indeks Terbangun Kota Malang Tahun 2019-2023 (Sumber: Hasil analisis peneliti, 2023)

Tabel 4. *Confusion Matrix* Uji Akurasi NDBI

Kategori Lapangan	Kategori Interpretasi		Total Baris
	Lahan Terbangun	Lahan Non Terbangun	
Lahan Terbangun	28	2	30
Lahan Non Terbangun		5	5
Total Kolom	28	7	35

Sumber: Hasil analisis peneliti, 2023

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Confusion Matrix* Uji Akurasi NDBI

Kelas Penggunaan Lahan	Ketelitian Pemetaan				Ketelitian Hasil Interpretasi
	Producers	Omisi	User's	Omisi	
	Accuracy	Kesalahan	Accuracy	Kesalahan	
Lahan Terbangun	28/28 = 100%	0%	28/30 = 93%	7%	(28+2)/35 = 85%
Lahan Non Terbangun	2/7 = 71%	29%	5/5 = 100%	0%	

Sumber: Hasil analisis peneliti, 2023

Tabel 5. merupakan hasil perhitungan *confusion matrix* berdasarkan hasil *ground checking* pada 35 titik sampel lokasi lahan terbangun di Kota Malang. Nilai ketelitian peta hasil interpretasi sebesar 85% atau dengan kategori baik berdasarkan rentang nilai pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil pemetaan NDBI Kota Malang perkembangan wilayah terbangun di Kota Malang mengalami pertumbuhan beberapa tahun ini. Lahan terbangun tertinggi berada di Kecamatan Kedungkandang dan peningkatan lahan terbangun terendah di Kecamatan Klojen. Perubahan jenis pemanfaatan lahan mengalami kenaikan signifikan terjadi di Kota Malang disebabkan oleh alih fungsi lahan pertanian dan sawah menjadi lahan terbangun. Faktor yang mempengaruhi meningkatnya lahan terbangun di Kota Malang antara lain merupakan kota pendidikan, kota pariwisata, perdagangan, industri, dan jasa sehingga banyak memberikan

faktor penarik bagi penduduk luar daerah untuk tinggal ataupun hanya bekerja di Kota Malang (Santoso & Nurumudin, 2020).

Kecamatan Kedungkandang merupakan kecamatan dengan laju lahan terbangun tertinggi dengan persentase kenaikan sebesar 14% sejak tahun 2019 hingga tahun 2023. Jumlah lahan terbangun di Kecamatan Kedungkandang pada tahun 2023 sebesar 1.051 Ha. Kedungkandang merupakan kecamatan terbesar di Kota Malang yang memiliki luas sebesar 39,89 km² sekaligus menjadi wilayah dengan jumlah penduduk terbesar yaitu 208.741. Pertumbuhan penduduk di kecamatan ini disebabkan oleh adanya migrasi penduduk yang disebabkan oleh keberadaan industri di sekitar Kecamatan Kedungkandang (Mahendra & Pradoto, 2016). Pertumbuhan penduduk yang tinggi serta kecenderungan penduduk yang memilih menetap di lokasi yang dekat dengan pusat kegiatan menjadi salah

satu faktor terjadinya transformasi lahan terbangun dan non terbangun di wilayah tersebut.

Kecamatan Lowokwaru mengalami peningkatan jumlah lahan terbangun sebesar 10% dalam rentang tahun 2010-2023. Jumlah lahan terbangun di Kecamatan Lowokwaru seluas 1.193 Ha pada tahun 2023. Perkembangan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun di wilayah ini difungsikan sebagai sesuatu yang menunjang aktivitas dilokasi tersebut seperti pembangunan tempat tinggal sewa, usaha perdagangan serta jasa yang dapat dimanfaatkan.

Senada dengan penelitian Agustina & Herwangi, 2023 pada tahun 2020 pertumbuhan lahan terbangun banyak dijumpai pada Kecamatan Lowokwaru yang mengarah arah utara yaitu Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang dengan kepadatan bangunan yang lebih rendah. Berdasarkan temuan Mahendra dan Pradoto (2016) lokasi Kecamatan Lowokwaru yang dekat dengan pusat perguruan tinggi menjadi salah satu faktor pendukung adanya peningkatan kawasan wilayah terbangun.

Berdasarkan hasil penelitian jumlah lahan terbangun Kecamatan Sukun pada tahun 2023 seluas 1.164 Ha pada tahun 2023 dengan persentase kenaikan lahan terbangun di wilayah tersebut mengalami peningkatan sebesar 7% sejak tahun 2019-2023. Kecamatan Sukun dapat dikatakan sebagai wilayah pedesaan, namun seiring berjalannya waktu wilayah ini dibangun menjadi kawasan industri dan kawasan padat penduduk (Santoso & Nurumudin, 2020). Hal ini dikarenakan adanya peningkatan

kebutuhan ruang dengan diiringi oleh peningkatan jumlah penduduk.

Jumlah lahan terbangun di wilayah Kecamatan Blimbing berdasarkan peta NDBI Kota Malang pada tahun 2023 seluas 1.215 Ha jumlah tersebut mengalami peningkatan sebesar 5% dari tahun 2019-2023. Peningkatan lahan terbangun di wilayah tersebut terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi meningkatnya lahan terbangun di wilayah tersebut karena memiliki lokasi yang strategis sehingga wilayah tersebut terus mengalami pembangunan guna meningkatkan kegiatan perekonomian (Agustina & Herwangi, 2023). Peningkatan jumlah penduduk yang terus bertumbuh, akan berpengaruh terhadap kebutuhan sarana prasarana yang digunakan oleh masyarakat sehingga membutuhkan lahan terbangun yang semakin tinggi. Perkembangan pada wilayah utara di Kecamatan Blimbing mengarah ke Kecamatan Dau dan Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang sedangkan wilayah timur berkembang ke Kecamatan Pakis Kabupaten Malang.

Jumlah lahan terbangun yang paling rendah berada di Kecamatan Klojen seluas 715 Ha pada tahun 2023. Persentase kenaikan lahan terbangun pada tahun 2019-2023 sebesar 1%. Perkembangan lahan terbangun di Kecamatan Klojen tidak terlalu signifikan karena Kecamatan Klojen telah mengalami perkembangan yang pesat sebelum tahun 2019. Perkembangan Kecamatan Klojen mengarah ke Kecamatan Dau Kabupaten Malang. Kecamatan Klojen merupakan area perkotaan berupa

lahan permukiman padat penduduk dan industri di dalam kota. Beberapa alasan permukiman di Kecamatan Klojen menjadi pusat perkembangan wilayah yaitu harga tanah yang murah, dekat dengan tempat kerja yang berada di pusat kota, dapat terjangkau oleh transportasi umum, dan keberagaman fasilitas di sekitarnya (Arditama et al., 2020). Sehingga sejak dahulu perkembangan Kecamatan Klojen sudah meningkat signifikan sebelum tahun 2019 karena pada tahun 2019-2023 berdasarkan hasil penelitian peningkatan luas lahan terbangun di Kecamatan Klojen hanya 1%.

4. Penutup

Berdasarkan hasil penelitian bahwa, peningkatan persentase kepadatan bangunan di wilayah administrasi Kota Malang adalah 8% dalam rentang waktu lima tahun yaitu 2019 - 2023. Peningkatan persentase pertumbuhan lahan terbangun tertinggi berada di Kecamatan Kedungkandang dengan persentase sebesar 14% dan terendah berada di Kecamatan Klojen sebesar 1%. Hal ini menunjukkan bahwa kepadatan bangunan mengalami pertumbuhan yang cukup signifikan dan dapat menimbulkan dampak pada daya dukung lingkungan. Penggunaan lahan lain yang mengalami perubahan pesat yaitu kawasan hijau di pedesaan namun saat ini dijadikan sebagai kawasan permukiman dan kawasan terbangun.

Penelitian ini hanya terbatas pada lokasi tertentu dengan penggunaan teknik analisis sederhana. Berdasarkan hasil penelitian ini, diharapkan penelitian selanjutnya dapat melakukan penelitian pada cakupan

wilayah lebih luas dengan teknik analisis yang kompleks agar menghasilkan hasil penelitian secara detail dan komprehensif.

Daftar Pustaka

- Agustina, S. F., & Herwangi, Y. (2023). Pengukuran Spasial Urban Sprawl di Kota Malang Menggunakan Shannon's Entropy. *Jurnal Riset Pembangunan*, 5(2). <https://doi.org/10.36087/jrp.v5i2.131>
- Arditama, B. J., Wijaya, I. N. S., & Purnamasari, W. D. (2020). *Masyarakat Berpenghasilan Rendah Kawasan Sempadan Sungai Dan Rel (Studi Kasus: Kecamatan Klojen Kota Malang)*. 9(April).
- Asfiati, S., & Zurkiyah. (2021). Pola Penggunaan Lahan Terhadap Sistem Pergerakan Lalu Lintas Di Kecamatan Medan Perjuangan, Kota Medan. *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU*, 4(1).
- Ellen, A., Nasihin, I., & Supartono, T. (2019). Pemetaan Kesesuaian Habitat *Rafflesia* (*Rafflesia arnoldii* R. Br) di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *Konservasi Untuk Kesejahteraan Masyarakat I*.
- Guha, S., Govil, H., Dey, A., & Gill, N. (2018). Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1).

- <https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1474494>
- Hariyanto, A. D., Yudono, A., & Wicaksono, A. D. (2023). Measurement of Sprawl Effect Based on Urban Growth Trends and Prediction in Kedungkandang District, Malang City. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1186(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1186/1/012019>
- Iek, Y., Sangkertadi, & Moniaga, I. L. (2014). Kepadatan Bangunan Dan Karakteristik Iklim Mikro Kecamatan Wenang Kota Manado. *Jurnal Sabua*, 6(3).
- Ismail, A. (2020). Pertumbuhan dan Ketimpangan Pembangunan Ekonomi Antar Daerah Di Provinsi Kalimantan Barat. *Pertumbuhan Dan Ketimpangan Pembangunan Ekonomi Anatar Daerah Fi Provinsi Kalimantan Barat*, 011.
- Liu, K. F., Niu, C. S., Tsai, J. C., Yang, C. L., Peng, W. H., & Niu, H. S. (2022). Comparison of area under the curve in various models of diabetic rats receiving chronic medication. *Archives of Medical Science*, 18(4). <https://doi.org/10.5114/aoms.2019.91471>
- Macarof, P., & Statescu, F. (2017). Comparasion of NDBI and NDVI as Indicators of Surface Urban Heat Island Effect in Landsat 8 Imagery: A Case Study of Iasi. *Present Environment and Sustainable Development*, 11(2). <https://doi.org/10.1515/pesd-2017-0032>
- Mahendra, Y. I., & Pradoto, W. (2016). Transformasi Spasial di Kawasan Peri Urban Kota Malang. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 12(1). <https://doi.org/10.14710/pwk.v12i1.11462>
- Pahleviannur, M. R. (2019). Pemanfaatan Informasi Geospasial Melalui Interpretasi Citra Digital Penginderaan Jauh untuk Monitoring Perubahan Penggunaan Lahan. *JPIG (Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Geografi)*, 4(2). <https://doi.org/10.21067/jpig.v4i2.3267>
- Ramadhani, D. P. (2022). Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Guna Mencegah Pemadatan Bangunan Mukim di Wilayah Kota Surabaya. *Research Gate, March*.
- Rosyadi, A., & Azahra, M. F. (2020). Pemetaan Presentase Kepadatan Bangunan Menggunakan Model Regresi Berdasarkan Citra Landsat 8 (Studi Kasus Kota Bandung). *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*, 2(1).
- Santoso, D. H., & Nurumudin, M. (2020). Valuasi Ekonomi Degradasi Lingkungan Akibat Alih Fungsi Lahan Di Kota Malang, Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 12(2), 121–130.
- Subadyo, A. T., Tutuko, P., & Jati, R. M. B. (2019). Implementation analysis of green city concept in Malang - Indonesia. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, 7(2). https://doi.org/10.14246/irpspd.7.2_36

- Sukowati, P. (2012). Kebijakan Penataan Ruang Terbuka Hijau di Kota Malang. *JKAP*, 16(2).
- Syahputra, A., Jatmiko, R. H., Hizbaron, D. R., & Fariz, T. R. (2021). Perbandingan Indeks Lahan Terbangun NDBI dan Land Surface Temperature Dalam Memetakan Kepadatan Bangunan di Kota Medan. *Journal of Science, Technology, and Visual Culture*, 1(1).
- Wibowo, W. A. (2013). Pengaruh Faktor Aglomerasi Industri, Angkatan Kerja Dan Tingkat Upah Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten/Kota Di Jawa Tengah Tahun 2005-2010. In *Tesis*.
- Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3). <https://doi.org/10.1080/01431160304987>
- Zhong, R., Zhao, W., Zou, Y., & Mason, R. J. (2018). University Campuses and Housing Markets: Evidence from Nanjing. *Professional Geographer*, 70(2). <https://doi.org/10.1080/00330124.2017.1325750>