
PEMANFAATAN PENGINDERAAN JAUH UNTUK MENGIDENTIFIKASI KEPADATAN BANGUNAN MENGGUNAKAN INTERPRETASI HIBRID CITRA SENTINEL-2A DI KOTA PADANG

Indah Fultriasantri^{1}, Fajrin²*

^{1,2} Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Indonesia.

E-mail: 2021510045.indah@itp.ac.id,^{1}fajrin@itp.ac.id²*

ABSTRACT

A city is a densely populated area centered on various community activities such as government, offices, education, and socio-economic affairs and has administrative area boundaries regulated by laws that show the characteristics of urban community life. The development of a city is always faced with population problems because the more concentrated the activities of the many residents in the city center, the more intensive the development to fill residential land is due to increased community service facilities, so that the city is filled with dense buildings. Therefore, this research was carried out in the city of Padang to map the distribution of building density and determine the accuracy of building density with a hybrid interpretation. This study utilizes remote sensing data, namely Sentinel-2A imagery, with a hybrid interpretation method using the NDBI index (Normalized Difference Built-up Index), spatial building density autocorrelation, and Kappa accuracy testing. This value is included in the negative autocorrelation, which indicates that adjacent locations have different characteristics and values that tend to spread out or describe an unsystematic grouping pattern of neighbors. While the results of the calculation of the accuracy test for the overall accuracy value (overall accuracy) are equal to 92% and the Kappa accuracy (Kappa accuracy) of 0.88 is said to be good and acceptable.

Keywords: *Remote Sensing, Sentinel-2A, Hybrid Interpretation, NDBI, Spatial Autocorrelation*

ABSTRAK

Kota adalah kawasan padat permukiman pusat berbagai kegiatan aktifitas masyarakat seperti pemerintahan, perkantoran, pendidikan, dan sosial-ekonomi serta memiliki batas wilayah administrasi diatur dalam undang-undang yang memperlihatkan ciri kehidupan masyarakat perkotaan. Perkembangan sebuah kota selalu dihadapi dengan masalah kependudukan, karena semakin terkonsentrasi aktivitas penduduk yang banyak di pusat kota mengakibatkan terjadinya pembangunan yang intensif untuk memenuhi lahan permukiman akibat peningkatan fasilitas pelayanan masyarakat, sehingga kota dipenuhi dengan padatnya bangunan. Oleh karena itu dilakukanlah penelitian ini di Kota Padang untuk memetakan sebaran kepadatan bangunan serta mengetahui tingkat akurasi kepadatan bangunan dengan interpretasi hibrid. Penelitian ini memanfaatkan data penginderaan jauh yaitu citra Sentinel-2A dengan metode interpretasi hibrid menggunakan indeks NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) dan autokorelasi spasial kepadatan bangunan serta pengujian akurasi *Kappa*. Hasil autokorelasi identifikasi kepadatan bangunan diperoleh nilai Moran's I adalah sebesar -0.106659, nilai ini termasuk dalam autokorelasi negatif yang menunjukkan bahwa lokasi-lokasi berdekatan memiliki karakteristik dan nilai yang berbeda cenderung menyebar atau menggambarkan pola ketetanggaan berkelompok yang tidak sistematis. Sedangkan hasil perhitungan uji akurasi untuk nilai akurasi keseluruhan (*Overall Accuracy*) yaitu sebesar 92% dan akurasi *Kappa* (*Kappa Accuracy*) sebesar 0,88 dikatakan baik dan dapat diterima.

Kata Kunci: *Penginderaan Jauh, Sentinel-2A, Interpretasi Hibrid, NDBI, Autokorelasi Spasial*

PENDAHULUAN

Perkembangan sebuah kota tidak akan lepas dari berbagai masalah terutama masalah kependudukan, semakin terkonsentrasi aktivitas penduduk yang banyak di pusat kota mengakibatkan terjadinya pembangunan yang intensif untuk memenuhi lahan permukiman akibat peningkatan fasilitas pelayanan masyarakat, sehingga kota dipenuhi dengan padatnya bangunan. Kepadatan bangunan yang terus meningkat dapat menyebabkan dampak negatif seperti penurunan kesehatan masyarakat, penurunan kualitas tempat tinggal, dan ketidaksesuaian dengan tata ruang wilayah, sehingga hal itu juga berdampak pada terjadinya kawasan kumuh (Puspitasari, 2015).

Perkembangan sebuah wilayah dapat dilihat dari perkembangan fisiknya. Perkembangan fisik tersebut ditandai dengan terjadinya perubahan sebuah lahan dari lahan pertanian ke lahan non pertanian dimulai dari daerah pinggiran sampai daerah pusat kota. Perubahan penggunaan lahan dari kawasan hunian menjadi kawasan bisnis seperti perdagangan, perhotelan, perkantoran, dan jasa sehingga hal ini sangat berpengaruh terhadap ketersediaan lahan serta ketepatan dalam pembukaan dan pengolahan pada wilayah kota. Untuk mengatasi dampak tersebut, maka perlu dilakukan berbagai upaya agar tatanan pengolahan lahan kawasan perkotaan menjadi teratur. Pengolahan tersebut dapat dilakukan dengan membuat pemetaan kepadatan bangunan serta mengidentifikasi kelas kepadatan bangunan, sehingga dapat diketahui lokasi-lokasi alih fungsi lahan untuk bangunan di perkotaan. Pemetaan kepadatan bangunan memanfaatkan data penginderaan jauh.

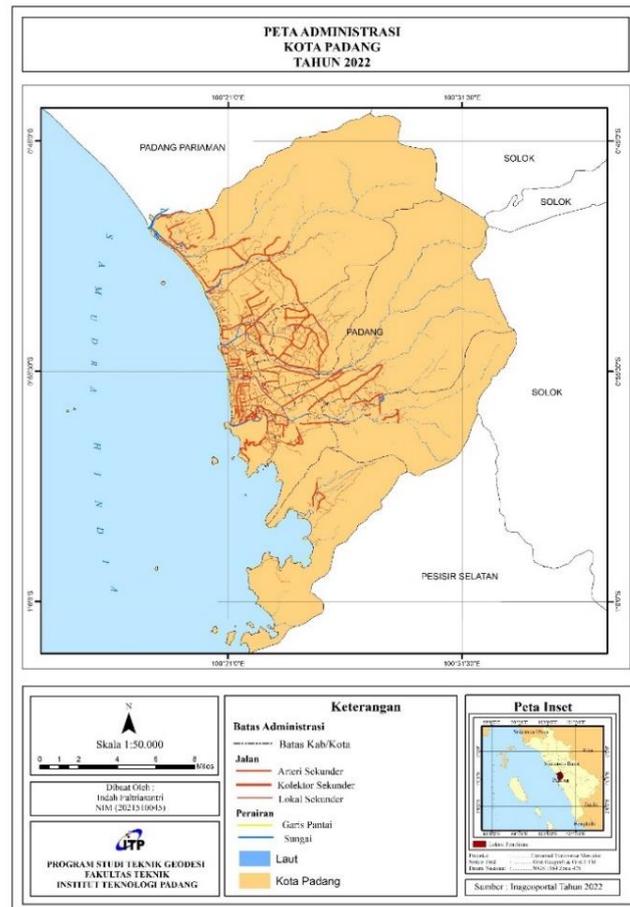
Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lilesan et al, 2004 dalam Nufitasari, 2019). Seiring berkembangnya waktu pemanfaatan data penginderaan jauh menjadi salah satu alternatif dan efisien yang dapat menghemat terutama dalam segi waktu dan tenaga untuk melakukan analisis keruangan dalam berbagai tema kasus fenomena alam yang terjadi. Citra satelit adalah data penginderaan jauh yang di peroleh dari proses perekaman seperti satelit dan wahana lainnya. Penelitian ini menggunakan data penginderaan jauh yaitu citra Sentinel-2A dengan sistem satelit kembar multispektral, resolusi tinggi, petak lebar yang mengelilingi Bumi di kutub, orbit sinkron matahari serta mengumpulkan data dalam 13 pita spektral berbeda, empat di antaranya dengan spasial resolusi 10 m, enam pita dengan resolusi 20 m, dan tiga pita pada 60 m (ESA, 2015 dalam Putri, 2018). Citra sentinel-2A yang digunakan adalah tahun 2022 dengan wilayah kajian Kota Padang dan merupakan ibu kota provinsi Sumatera Barat yang tengah sedang maraknya pembangunan.

Pada penelitian ini identifikasi kepadatan bangunan menggunakan teknik interpretasi hibrid serta menentukan autokorelasi spasial masing- masing kelas kepadatan bangunan yang tersebar. Interpretasi hibrid merupakan interpretasi yang menggabungkan interpretasi visual untuk delineasi objek/satuan pemetaan berupa blok bangunan dan analisis digital untuk identifikasi kepadatan bangunan (Suharyadi, 2011 dalam Indriastuti, 2018). Penggabungan metode yang digunakan adalah klasifikasi supervised (terbimbing) dan klasifikasi unsupervised (tidak terbimbing). Sedangkan autokorelasi spasial merupakan salah satu analisis spasial untuk mengetahui pola hubungan atau korelasi antar lokasi (amatan). Beberapa pengujian dalam autokorelasi spasial adalah *Moran's I*, *Rasio Geary's*, dan *Local Indicator of Spatial Autocorrelation (LISA)*. Metode ini sangat penting untuk mendapatkan informasi mengenai pola penyebaran karakteristik suatu wilayah dan keterkaitan antar lokasi didalamnya (Wuryadi, 2014).

METODE

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kota Padang berdasarkan wilayah administrasinya. Secara geografis wilayah Kota Padang berada antara 00°44'00"- 01°08'35" Lintang Selatan dan 100°05'05"-100°34'09" Bujur Timur. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Peta Lokasi Penelitian

2. Alat dan Data

Penelitian ini menggunakan alat yaitu seperangkat computer dengan software ArcGIS V.10.6, Software Envi V.5.1, dan Software Geoda untuk mengolah data penelitian yang dilakukan identifikasi dan klasifikasi. Adapun penelitian dilakukan dengan menggunakan data sebagai berikut ini:

- Citra satelit *Sentinel-2A* tahun 2022, citra ini digunakan untuk menentukan klasifikasi kepadatan bangunan pada wilayah administrasi Kota Padang
- Tampilan citra satelit *Google Maps Imagery*, citra ini digunakan untuk sebagai acuan dalam mengidentifikasi hasil klasifikasi kepadatan bangunan.
- Peta Administrasi Kota Padang, peta ini digunakan untuk acuan batas wilayah penelitian.

3. Pengolahan Data

Teknik pengolahan data yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

- Tahapan ini dilakukan pengolahan data yang telah dikumpulkan menggunakan *Software ArcGIS 10.6*, untuk dapat melakukan identifikasi kepadatan bangunan di Kota Padang. Selain itu pada pengolahan ini dibantu dengan *Software Envi* dalam melakukan klasifikasi interpretasi hibrid berdasarkan indeks bangunan NDBI dan *Software Geoda* dalam melakukan analisis tetangga terdekat. Pada penelitian ini sangat penting dilakukan penampalan peta administrasi Kota Padang dengan citra resolusi tinggi untuk mengetahui batas penelitian sehingga mempermudah dalam memproses pengolahan data.
- Melakukan Koreksi radiometrik bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra dengan mengisi kembali baris kosong karena kesalahan pemindaian dan memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spectral objek yang sebenarnya karena faktor gangguan atmosfer. Koreksi radiometrik dilakukan pada citra *Sentinel-2A* yang digunakan pada penelitian ini.

- c. Kemudian dilakukan identifikasi kawasan terbangun menggunakan menggunakan algoritma NDBI menggunakan data gelombang inframerah pendek (SWIR) dan inframerah dekat (NIR), yakni band 8 dan band 11 pada algoritma NDBI tersebut menggunakan data DN yang telah dikonversi pada spectral reflektan. NDBI (*Normalized Difference Build Indeks*) yang digunakan untuk mengkalkulasi *Build-up area* yang mana indeks NDBI akan focus menyoroti daerah kawasan terbangun dan berpengaruh pada pemantulan yang lebih tinggi di area *Shortwave Infrared (SWIR)*, sehingga dapat diperoleh penggunaan rumus indeks NDBI tersebut dengan tools *Band Math* pada Software Envi. Berikut persamaan rumus NDBI (Putri dkk, 2018) sebagai berikut:

$$NDBI = \frac{(Band\ SWIR - Band\ NIR)}{Band\ SWIR + Band\ NIR}$$

Dimana :

NDBI = *Normalized Difference Built-up Index* (nilai indeks area terbangun)

Band SWIR = *Band Shortwave Infrared* (kanal inframerah gelombang pendek) pada citra terkoreksi radiometrik

Band NIR = *Band Near Infrared* (kanal inframerah dekat) pada citra terkoreksi radiometrik.

- d. Selanjutnya dilakukan pemotongan citra *Sentinel-2A* yang telah di composit band indeks NDBI pemotongan ini dilakukan bertujuan untuk menyesuaikan *Area Object Interpretasi (AOI)* citra dengan lokasi penelitian yaitu sesuai dengan administrasi Kota Padang.
- e. Melakukan interpretasi hibrid yaitu interpretasi visual yaitu teknik klasifikasi *supervised* dan interpretasi digital yaitu teknik klasifikasi *unsupervised*. . Teknik klasifikasi *supervised* dilakukan secara visual pengambilan sampel berdasarkan unsur interpretasi dengan NDBI (*Normalize Difference Built-Up Index*), sehingga dihasilkan kelas yang memisahkan unsur bangunan dan non bangunan. Sedangkan klasifikasi *unsupervised* dilakukan penentuan banyak kelas dengan perhitungan secara digital. Penentuan kelas untuk lahan terbangun dapat di transformasikan dengan indeks kekotaan, dalam penelitian ini menggunakan indeks kekotaan NDBI (*Normalize Difference Built-Up Index*).
- f. Setelah diperoleh hasil data vector bangunan, kemudian dilakukan eliminasi data vector. Eliminasi data vector dilakukan untuk mengurangi kesalahan dari klasifikasi kelas data raster sebelumnya. Tahap eliminasi pada penelitian ini dilakukan pengeliminasian kelas yang bukan bangunan akibat dari kesalahan pengklasifikasian.
- g. Pada tahap ini dilakukan pengklasifikasian kelas kepadatan bangunan yang dihitung berdasarkan nilai luas pada masing-masing kelas. Nilai luas di dapatkan dari perhitungan persil bangunan yang sebelumnya sudah diklasifikasikan dengan teknik interpretasi hibrid. Penentuan kelas tersebut dilakukan dengan perhitungan dengan rumus matematika yaitu perhitungan interval yang pada umum digunakan dalam penentuan kelas dihitung berdasarkan nilai masing-masing objeknya. Berikut perhitungan rumus penentuan kelas interval yaitu:

$$Ki = (Xt - Xr)/K$$

Keterangan:

Ki = Kelas Interval

Xt = Data Tertinggi

Xr = Data Terendah

K = Jumlah Kelas yang diinginkan

Perhitungan kelas interval untuk kepadatan bangunan dengan luas total keseluruhan adalah sebesar 42.109,622 Km² dengan diketahui :

Tabel 1 Nilai Perhitungan Interval (Analissi Penelitian,2022)

Skor Minimal	Skor Miaksimal	Skor Min- Skor Max	Interval
402	2.162.199	2.161.797	720.599

Berdasarkan nilai perhitungan kelas interval diatas maka di perolehlah nilai kelas klasifikasi kepadatan bangunan sebagai berikut:

Tabel 2 Kelas Klasifikasi Kepadatan Bangunan (Analissi Penelitian,2022)

Kelas	Interval (Ha)	% Interval
Padat	≥1441601	≥68%
Sedang	721002 - 1441600	34-67%
Jarang	≤ 721001	≤ 33%

Berdasarkan kelas kepadatan bangunan diatas merujuk pada (Nungraha 2014 dalam Sukmono dkk 2019). Dimana terdapat 4 kelas klasifikasi kepadatan bangunan, namun pada penelitian ini karena fokus kepada kepadatan bangunan dari hasil klasifikasi interprestasi hibrid sehingga digunakan kelas klasifikasi 3 kelas yaitu padat, sedang dan jarang. Untuk klasifikasi kepadatan bangunan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini yaitu:

Tabel 3 Klasifikasi Kepadatan Bangunan BCR (Nungraha, 2014)

Kelas Kepadatan	Nilai Kepadatan	Keterangan
I	>70%	Padat
II	50-70%	Sedang
III	10-50%	Jarang
	<10%	Bukan Bangunan

- h. Kemudian selanjutnya dapat dilakukan tahap identifikasi kepadatan bangunan di Kota Padang dengan autokorelasi spasial pada masing-masing kelas kepadatan bangunan dengan menggunakan analisis *Moran's Index dan local autokorelasi* dari *Local Indicators Of Spatial Association (LISA)*. Untuk menggunakan model ini maka terlebih dahulu perlu dilakukan pembobotan matrix spasial. Melalui menu *Weight Manager*. Spatial rate diformulasikan (Anselin, Lozano, & Koschinsky, 2006):

$$SMR_i^W = \frac{\sum_j^n = 1 W_{ij} Y_j}{\sum_j^n = 1 W_{ij} N_j}$$

SMR_i^W merupakan ukuran spatial rate dan W_{ij} menyatakan elemen dari matrix bobot spatial. Berdasarkan model diatas nilai resiko relative yang lebih besar dari 2 megindikasikan suatu lokasi memiliki resiko yang tinggi (Anselin, Lozano, & Koschinsky, 2006). tabel pada shp bangunan tersebut untuk dapat dilakukan analisis korelasi spasialnya. Kemudian dilakukan pembuatan kembali data pembobotan dan disimpan sehingga pada *weight manager* tampil data pembobotan dari attribute tabel dan dapat dilakukan analisis *Morans' I*.

- i. Selanjutnya dilakukan pengujian sejauh mana tingkat kepercayaan dan kebenaran dari hasil identifikasi kepadatan bangunan dengan menggunakan metode klasifikasi interprestasi hibrid citra sentinel-2A di Kota Padang serta bagaimana hubungan autokorelasinya kepadatan bangunan dengan menggunakan *Moran's I*. Perhitungan uji akurasi dilakukan dengan teknik *Kappa Statistik* dan *matriks konfusi (Confusion Matrix)*. Penentuan jumlah total sampel uji akurasi dalam penelitian ini (Taro Yuname dan Slovin alam Pahleviannur, 2019) berikut ini :

$$n = \frac{N}{N \cdot d^2 + 1}$$

Dimana :

n = Jumlah Sampel

N = Jumlah Populasi (Piksel)

d^2 = Toleransi Kesalahan 0,1

Sedangkan dalam penentuan anggota sampel untuk setiap kelas kepadatan bangunan menggunakan rumus penelitian (Sukmono, 2019) yaitu :

$$ni = \frac{Ni}{N} \times n$$

Dimana :

ni = Jumlah Anggota Sampel Menurut Jenis

Ni = Jumlah Anggota Populasi Menurut Jenis

N = Jumlah Populasi Total

n = Jumlah Seluruh Anggota Sampel

Berdasarkan perhitungan rumus penentuan jumlah sampel diatas diperoleh jumlah banyak sampel yang dapat di sebar untuk dapat dilakukan uji akurasi pada identifikasi kelas kepadatan bangunan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

Tabel 4 Data Banyak Sampel Identifikasi Kelas Kepadatan Bangunan

No	Kelas Kepadatan Bangunan	Luas Perkelas (Ha)	Anggota Sampel
1	Padat	20.302,851	48
2	Sedang	11.655,033	27
3	Jarang	10.151,738	24
Total		42.109,622	99

Uji akurasi sampel dilakukan setelah cek sampel kelas kepadatan bangunan menggunakan *Google Earth Pro*. Uji akurasi menggunakan metode short (*Confussion Matrix*) dengan koefisien *Kappa*. dilakukan secara matematis untuk menghitung akurasi keseluruhan (*Overal Accuracy*) dan akurasi kappa (*Kappa Accuracy*) yang menunjukkan kesesuaian hasil identifikasi citra dan hasil survei lapangan. Adapun persamaan fungsi yang digunakan sebagai berikut.

$$Overall Accuracy = \left[\left(\sum_{i=1}^r X_{ij} N \right) \right] \times 100\%$$

$$Kappa Accuracy = \left[\left(\sum_{i=1}^r X_{ij} - \sum_{i=1}^r X_i X_i \right) / \left(\sum_{i=1}^j X_i X_i \right) \right] \times 100\%$$

Dimana:

N :Banyak Sampel

X_i : Jumlah Sampel dalam Baris ke-i

X_j : Jumlah Sampel Dalam Kolom ke-i

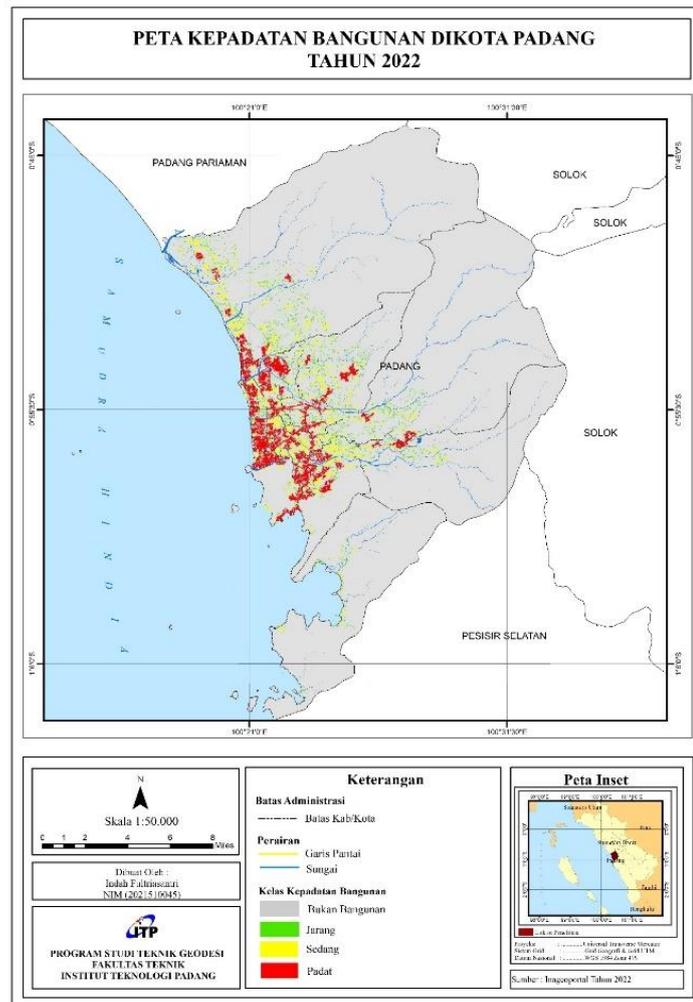
X_{ij} : Nilai Diagonal dari Matriks Kontingensi Baris ke-I dan Kolom ke-i

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Peta Kepadatan Bangunan dengan Interpretasi Hibrid

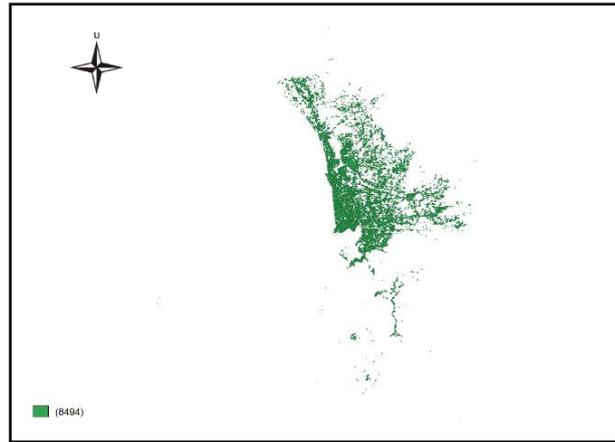
Identifikasi kepadatan bangunan dengan menggunakan metode interpretasi hibrid di Kota Padang diperoleh hasil klasifikasi kelas kepadatan bangunan, yaitu klasifikasi bangunan dan non bangunan, kemudian dilanjutkan dengan identifikasi berdasarkan indeks NDBI (*Normalized Different Build Indeks*) sehingga diperoleh kelas kepadatan bangunan, dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Peta Kepadatan Bangunan di Kota Padang

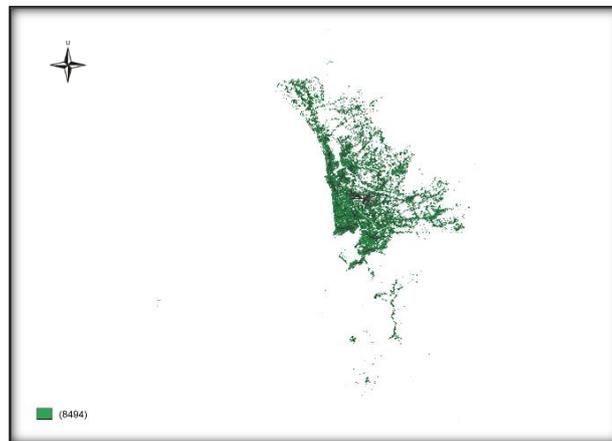
2. Autokorelasi Spasial Identifikasi Sebaran Kepadatan Bangunan

Pengujian autokorelasi spasial ini menggunakan *Moran's I*, *Rasio Geary's*, dan *Local Indicator of Spatial Autocorrelation* (LISA). Berikut dapat dilihat hasil input data klasifikasi kelas kepadatan bangunan pada *Software Geoda* pada Gambar 3.2



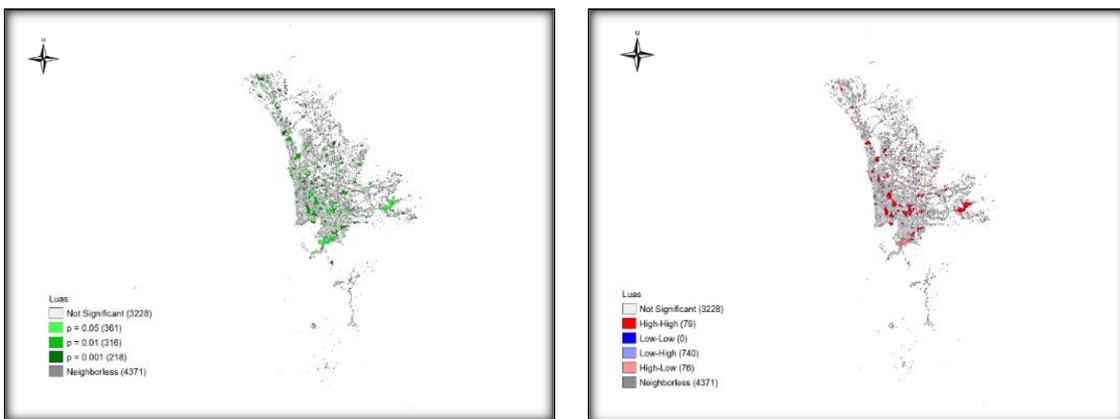
Gambar 3. 2 Hasil Input Data Klasifikasi Kepadatan Bangunan

Berikut hasil pembobotan data kepadatan bangunan yang telah dilakukan pembobotan , dapat dilihat pada Gambar 3.3.



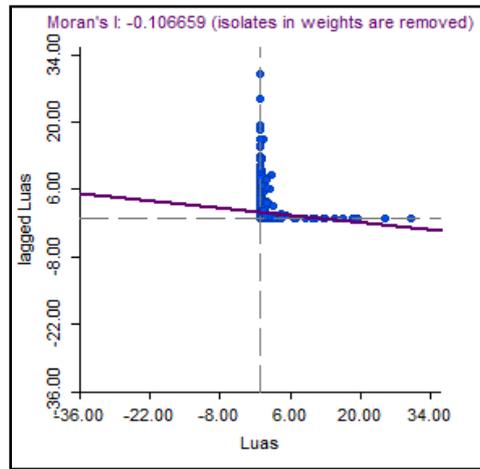
Gambar 3. 3 Hasil Pembobotan Kepadatan Bangunan

Selanjutnya dilakukan pengujian nilai *Moran's I Global*. Menghasilkan output nilai *Moran's I Global* yaitu ada 3 hasil yang diperoleh yaitu peta signifikansi *Moran's I (LISA)*, peta kluster *Moran's I (LISA)* dan Diagram Kuadran *Moran's I*, yaitu dapat dilihat pada gambar 3.4



(a)

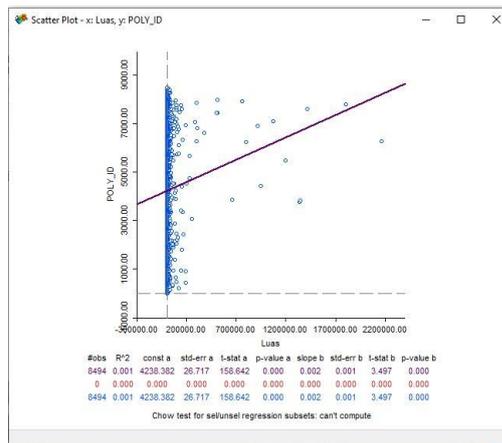
(b)



(c)

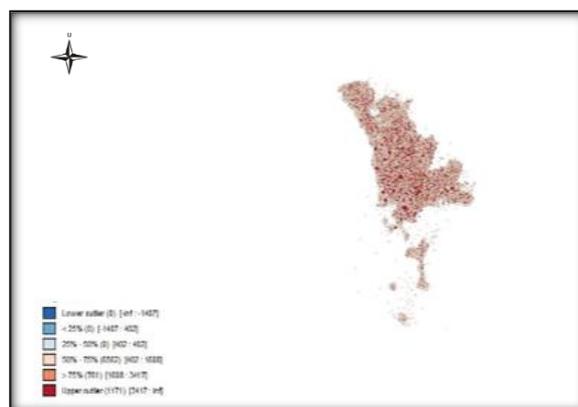
Gambar 3. 4 (a) Peta signifikansi Moran's I (LISA), (b)Peta klaster Moran's I (LISA) dan (c) Diagram Kuadran Moran'I

Berdasarkan hasil perhitungan scatter plot pada gambar diatas menunjukkan bahawa kelas kepadatan bangunan dari analisis nilai X yaitu Luas dan nilai Y adalah Gridcod pada masing-masing kelas, dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3. 5 Hasil Scatter Plot

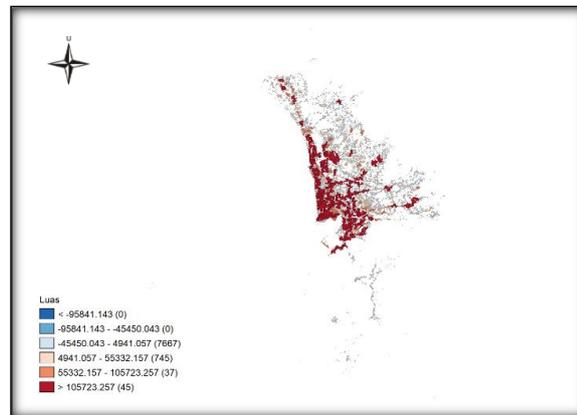
Berikut hasil cartogram menunjukkan kelas kepadatan bangunan dengan nilai keterikatan tetangga antar kelas kepadatan bangunan, dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut



Gambar 3. 6 Hasil Cartogram

Berdasarkan hasil pengolahan standar deviasi tersebut menunjukkan hubungan analisis tetangga

terdekat dari kepadatan bangunan berdasarkan masing-masing kelas dengan hitungan nilai luas, dapat dilihat pada gambar 3.7 berikut.



Gambar 3. 7 Hasil Standar Deviasi

3. Tingkat Akurasi Identifikasi Kepadatan Bangunan

Berikut hasil Uji akurasi yang dilakukan untuk menentukan seberapa besar keakuratan klasifikasi kepadatan bangunan yang di peroleh dari hasil interpretasi hybrid, Hasil uji akurasi dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk matriks berikut ini.

Tabel 3. 1 Matriks Hasil Perhitungan Uji Akurasi

Kelas Kepadatan Bangunan		Hasil Identifikasi Cek Sampel di Google Earth Pro				
		Padat	Sedang	Jarang	Total Sampel	Commision Error
Hasil Interpretasi Citra Sentinel-2A Tahun 2022	Padat	48	0	0	48	$48/48 \times 100 = 100\%$
	Sedang	2	24	1	27	$24/27 \times 100 = 88\%$
	Jarang	0	5	19	24	$19/24 \times 100 = 80\%$
	Total Sampel	50	29	20	99	
	Ommision Error	$23/48 \times 100 = 100\%$	$24/29 \times 100 = 82\%$	$19/20 \times 100 = 95\%$		

(Sumber: Analisis Penelitian, 2022)

Dimana : = Sampel Benar = Sampel Salah

Pembahasan

1. Peta Kepadatan Bangunan dengan Interpretasi Hibrid

Pada hasil interpretasi hybrid peta diatas memperoleh tiga kelas klasifikasi kepadatan bangunan yaitu kelas kepadatan padat, sedang dan jarang. Dimana untuk kelas padat berwarna merah, kelas sedang berwarna kuning dan kelas jarang berwarna hijau, sedangkan warna abu-abu menunjukkan bukan bangunan, dapat dilihat pada Gambar 3.1. Dari hasil identifikasi kepadatan bangunan tersebut kecamatan yang termasuk kedalam kelas kepadatan bangunan padat adalah terdapat pada Kecamatan Nanggalo, Kecamatan Padang Utara, Kecamatan Padang Timur, Kecamatan Padang Barat, Kecamatan Padang Selatan, dan Kecamatan Lubuk Begalung.

Untuk kelas kepadatan bangunan sedang yaitu terdapat pada Kecamatan Koto Tengah, Kecamatan Kuranji, dan Kecamatan Lubuk Kilangan. Sedangkan untuk kelas kepadatan bangunan Jarang terdapat pada Kecamatan Pauh dan Kecamatan Bungus Teluk Kabung. Berdasarkan hasil

keseluruhan total luas kelas kepadatan bangunan dikota Padang yaitu di dominasi oleh kelas kepadatan padat yaitu sebesar 20.302,851 ha, kelas kepadatan sedang sebesar 11.655,033 ha, dan kelas kepadatan jarang yaitu sebesar 10.151,738 ha.

2. Autokorelasi Spasial Identifikasi Sebaran Kepadatan Bangunan

Identifikasi kepadatan bangunan di Kota padang dari hasil klasifikasi interpretasi hibrid dilakukan penentuan autokorelasi spasial, yang dimana untuk mengetahui pola hubungan atau korelasi bangunan dengan dirinya. Autokorelasi bangunan ini harus dilakukan untuk mengetahui seberapa besar hubungan kelas kepadatan bangunan yang tersebar di Kota Padang. Pengujian autokorelasi spasial ini adalah *Moran's I*, *Rasio Geary's*, dan *Local Indicator of Spatial Autocorrelation (LISA)*. Metode ini untuk mendapatkan informasi mengenai pola penyebaran karakteristik suatu wilayah dan keterkaitan antar lokasi didalamnya. pengolahan autokorelasi spasial kepadatan bangunan dilakukan dengan menggunakan *Software Geoda*. Perhitungan korelasi hubungan spasial kepadatan bangunan berdasarkan nilai luas pada masing-masing kelas kepadatan bangunan. Pengolahan yang dilakukan pada *Software Geoda* tahap pertama dilakukan input data shp kepadatan bangunan yang sebelumnya telah dilakukan klasifikasi interpretasi hibrid, shp kepadatan bangunan menunjukkan total data klasifikasi adalah 8494 data. Berikut dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Kemudian setelah data shp diinputkan maka sebelum dilakukan analisis statistik indeks moran, dilakukan terlebih dahulu tahapan pembobotan atau disebut dengan matriks pembobotan yang dilakukan pada *Weight File ID Variabel* adalah berdasarkan hasil nilai luas attribute kepadatan bangunan yang sebelumnya telah dilakukan klasifikasi. Hasil pembobotan data kepadatan bangunan dapat dilihat pada Gambar 3.3.

Selanjutnya dilakukan pengujian nilai *Moran's I Global*. pemilihan variabel keterkaitan autokorelasi data kepadatan bangunannya dengan penganalisisan konsep regresi spasial digunakan variabel dependen (Y), menghasilkan output nilai *Moran's I Global* yaitu ada 3 hasil yang diperoleh yaitu peta signifikansi *Moran's I (LISA)*, peta klaster *Moran's I (LISA)* dan Diagram Kuadran *Moran's I*, dapat dilihat pada Gambar 3.4. Pada hasil LISA signification map dapat dilihat kelas signifikasinya yaitu pada signifikansi 0,05 mencakup kelas kepadatan bangunan padat yang menerima kontribusi dengan tetangganya. Kemudian pada signifikansi 0.01 menunjukkan kelas kepadatan bangunan sedang menerima kontribusi dengan tetangganya, dan untuk signifikansi 0,001 menunjukkan kelas kepadatan bangunan jarang menerima kontribusi dengan tetangganya. Hasil peta klaster *Moran's I (LISA)* diatas menunjukkan keterangan bahwa *High-High (HH)* terdapat pada Kuadran I, menunjukkan bahwa kepadatan bangunan mempunyai nilai pengamatan tinggi di kelilingi oleh kepadatan bangunan yang tinggi. Kuadran II atau disebut dengan *Low-High (LH)*, menunjukkan kepadatan bangunan yang mempunyai nilai pengamatan rendah tapi dikelilingi oleh kepadatan bangunan yang mempunyai nilai pengamatan yang tinggi. Kemudian pada Kuadran III di sebut *Low-Low (LL)*, menunjukkan kepadatan bangunan yang mempunyai nilai pengamatan rendah dikelilingi oleh kepadatan bangunan yang mempunyai nilai pengamatan rendah. Dan pada Kuadran IV atau disebut *High-Low (HL)*, menunjukkan kepadatan bangunan yang mempunyai nilai pengamatan tinggi dikelilingi oleh kepadatan bangunan yang mempunyai pengamatan rendah. sedangkan diagram perhitungan nilai *Moran's I* diatas dapat dilihat bahwa nilai indeks moran adalah sebesar -0.106659 mengindikasikan bahwa adanya keterkaitan spasial berupa autokorelasi negatif karena nilai indeks moran sebesar -0.106659 berada pada rentang $-1 < E(I)$. Autokorelasi negatif menunjukkan bahwa lokasi-lokasi yang berdekatan menunjukkan karakteristik berbeda serta mempunyai nilai yang berbeda yang cenderung menyebar atau menggambarkan pola ketetanggaan berkelompok yang tidak sistematis karena nilai T (*Indeks Penyebaran Tetangga Terdekat*) kecil dari satu.

Pada hasil perhitungan scatter plot, jelas terlihat bahwasanya sebaran kelas kepadatan bangunan tidak merata dimana bertumpu di sepanjang garis vertical ke utara dengan penarikan garis >3000.00, sehingga menunjukkan tumpukan lingkaran pada daerah vertical utara untuk kelas kepadatan padat dan sedang, sedangkan kelas kepadatan bangunan jarang lingkaran -lingkaran memisah dan berjarak pada penarikan garis lurusnya, dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Sedangkan analisis cartogram pada gambar diatas menunjukkan kelas kepadatan bangunan dengan nilai keterkaitan tetangga antar kelas kepadatan bangunan, dimana dengan nilai >75% menunjukkan kelas kepadatan bangunan semakin padat dan teridentifikasi ketetanggaanya sehingga menunjukkan

bentuk lingkaran besar dari masing-masing titik teridentifikasi padat bangunan. Sedangkan untuk kelas kepadatan bangunan sedang dengan nilai 50-75% menunjukkan lingkaran sedang hampir merata pada seluruh wilayah dari masing-masing titik teridentifikasi ketetanggaannya. Untuk kelas kepadatan bangunan jarang yaitu dengan nilai 25-50% menunjukkan sebaran lingkaran kecil dan memisah satu persatu pada seluruh wilayah dari masing-masing teridentifikasi ketetanggaannya, dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Hasil pengolahan standar deviasi tersebut menunjukkan hubungan analisis tentang terdekata dari kepadatan bangunan berdasarkan masing-masing kelas dengan hitungan nilai luas yaitu, warna merah pekat itu menunjukkan kelas kepadatan bangunan yang sangat padat dengan besar luas > 55332.157 ha kepadatan bangunan, kemudian luas $45450.053-55332.157$ ha kelas kepadatan bangunan sedang, sedangkan untuk luas <45450.053 ha termasuk kelas kepadatan bangunan rendah atau jarang. Sehingga jelas pada hasil standar deviasi tersebut dapat dilihat bagaimana kelas kepadatan bangunan tersebut tersebar tidak merata di berbagai wilayah di Kota Padang, dapat dilihat pada Gambar 4.7.

3. Tingkat Akurasi Identifikasi Kepadatan Bangunan

Uji akurasi yang dilakukan untuk menentukan seberapa besar keakuratan klasifikasi kepadatan bangunan yang di peroleh dari hasil interpretasi hybrid yang kemudian dilakukan cek dari hasil sebaran sampel pada masing-masing kelas kepadatan bangunan kemudian dilakukan identifikasi satu persatu titik sampel yang dilakukan Grounchek secara langsung menggunakan *Google Earth Pro*. Dalam penelitian ini total jumlah sampel uji akurasi sebanyak 99 titik sampel sedangkan penentuan lokasi tiap titik anggota sampel ditentukan secara random sampling yang mana setiap lokasi titik sampel mewakili setiap jenis kelas kepadatan bangunan, matriks uji akurasi dapat dilihat pada Tabel 3.1. Berdasarkan tabel matriks tersebut diketahui bahwa masing-masing kelas kepadatan bangunan, untuk kelas kepadatan bangunan padat semua sampel yang disebar benar dengan jumlah total sampelnya yaitu 48 sampel dengan *Commision Error* sebesar 100% dan *Ommison Erorr* sebesar 100%. Kelas klasifikasi sedang dengan jumlah sampelnya 27 dan sampel yang benar adalah 24, sampel yang salah berjumlah 3 yaitu teridentifikasi 2 untuk kelas padat dan 1 kelas jarang, jadi nilai *Commision Error* sebesar 88% dan *Ommison Erorr* sebesar 82%. Sedangkan kelas klasifikasi kepadatan bangunan jarang dengan total semua sampel adalah 24, sampel yang benar adalah 19 dan yang salah adalah 5 sampel yaitu kelas jarang teridentifikasi masuk kedalam kelas sedang, jadi nilai *Commision Error* sebesar 80% dan *Ommison Erorr* sebesar 95%. Pada perhitungan akurasi secara keseluruhan yaitu *Overall Accuracy* yaitu sebesar 92% dengan nilai ini hasil uji akurasi yang dilakukan termasuk dalam kategori baik dan nilai akurasi kappanya yaitu *Kappa Accuracy* bernilai 0,88 sehingga hasil uji akurasi yang dilakukan termasuk dalam kategori sangat baik dan dapat diterima.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan luas masing-masing kelas kepadatan bangunan tersebut yaitu, kelas padat sebesar 20.202,851 Ha, kelas sedang sebesar 11.655,033 Ha, dan kelas jarang sebesar 10.151,738 Ha. Hasil identifikasi kepadatan bangunan berdasarkan sebarannya diperoleh nilai Moran's I adalah sebesar -0.106659 yang mana nilai ini termasuk dalam autokorelasi negatif dan menunjukkan bahwa lokasi-lokasi yang berdekatan memiliki karakteristik yang berbeda dan mempunyai nilai berbeda yang cenderung menyebar atau menggambarkan pola ketetanggan berkelompok yang tidak sistematis. Selain itu autokorelasi juga menunjukkan sebaran bangunan padat tersebut kebanyakan berpusat pada wilayah Kota Padang bagian Selatan dan Timur, sedangkan wilayah Utara dan Barat kepadatan bangunan yang tersebar adalah kelas kepadatan bangunan sedang dan jarang. Identifikasi kepadatan bangunan menggunakan interpretasi hybrid berdasarkan pengujian akurasinya, maka diperoleh nilai akurasi keseluruhan (*Overall Accuracy*) yaitu sebesar 92% dan akurasi Kappa (*Kappa Accuracy*) sebesar 0,88 nilai ini menunjukkan hasil identifikasi kepadatan bangunan menggunakan metode interpretasi hibrid dikatakan baik dan dapat diterima.

DAFTAR PUSTAKA

- Handayani, dkk. 2017. "Analisis Hubungan Antara Perubahan Suhu Dengan Indeks Kawasan Terbangun Menggunakan Citra Landsat". *Jurnal Geodesi Undip* 6: 208–18.
- Indriastuti, dkk. 2016. "Analisis Kepadatan Bangunan Menggunakan Interpretasi Hibrida Citra Satelit Landsat Di Kecamatan Ungaran Timur Dan Ungaran Barat Kabupaten Semarang Tahun 2009-2018". *Jurnal Geodesi Undip* 5(4): 132–39.
- Mayda, dkk. 2014. "Kajian Akurasi Interpretasi Hibrida Menggunakan Empat Indeks Vegetasi Untuk Pemetaan Kerapatan Kanopi Di Kawasan Hutan Kabupaten Gunung Kidul". *Jurnal Bumi Indonesia*.
- Nufitasari. 2019. "Perencanaan Pengembangan Wilayah Melalui Citra Penginderaan Jauh. Universitas Negeri Surabaya
- Pati, dkk. 2020. "A Novel Hybrid Machine Learning Approach For Change Detection In Remote Sensing Images". *Engineering Science And Technology, An International Journal* 23(5): 973–81. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2020.01.002>
- Puspitasari, Shanti. 2015. "Kajian Kepadatan Bangunan Menggunakan Interpretasi Hibrida Citra Landsat-8 Oli Di Kota Semarang Tahun 2015". *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.: 5–24.
- Putri, dkk. 2018. "Analisis Kombinasi Citra Sentinel-1a Dan Citra Sentinel-2a Untuk Klasifikasi Tutupan Lahan". *Jurnal Geodesi Undip* 7(April): 85–96.
- Rosyadi, dkk. 2020. "Pemetaan Presentase Kepadatan Bangunan Menggunakan Model Regresi Berdasarkan Citra Landsat 8 (Studi Kasus Kota Bandung)". *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia* 02(01): 7–12.
- Suharyadi, dkk. 2016. "Interpretasi Hibrida Untuk Identifikasi Perubahan Lahan Terbangun dan Kepadatan Bangunan Berdasarkan Citra Landsat 5 TM dan Sentinel 2A MSI (Kasus: Kota Salatiga)". *Jurnal Universitas Gajah Mada UGM* 1-8.
- Suharni, Erni. 2015. "Menemukanali Agihan Permukiman Kumuh Di Perkotaan Melalui Interpretasi Citra Penginderaan Jauh". *Jurnal Geografi Fis Unnes*. Volume 4 N: 77–85.
- Sukmono, Abdi et al. 2019. "Pemanfaatan Interpretasi Hibrida Citra Landsat Dalam Identifikasi Kerapatan Bangunan Untuk Pemantauan Perkembangan Wilayah Kota Ungaran". *Jurnal Gedesi dan Geomatika Undip*. Vol 02(01): 1–8.
- Sukarna, dkk. 2017. "Analisis Autokorelasi Moran's I, Geary's C, Getis-Ord G, dan LISA serta Penerapannya pada Penderita Kusta di Kabupaten Gowa". *Jurnal Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Makasar*
- Syahr, Fitriana. 2012. "Analisis Perkembangan Kota Padang Menggunakan Citra Satelit." *Jurnal Geografi Unp*. Vol 2, No.1 April 2012:19-31
- Tiara, Dini. 2022. "Analisis Perubahan Kepadatan Dan Pola Lahan Terbangun Menggunakan Interpretasi Hibrida Citra Sentinel 2a (Studi Kasus : Kota Ungaran)". *Jurnal Geodesi Undip*. November 2021: 1–10.
- Wuryadi, Triastuti. 2014. "Identifikasi Autokorelasi Spasial Pada Jumlahpengangguran Di Jawa Tengah Menggunakan Indeks Moran". *Jurnal Media Statistika Fmipa Undip* 7(1): 1–10.