

PEMANFAATAN INTERPRETASI HIBRIDA CITRA LANDSAT DALAM IDENTIFIKASI KERAPATAN BANGUNAN UNTUK PEMANTAUAN PERKEMBANGAN WILAYAH KOTA UNGARAN

Abdi Sukmono¹

¹Departemen Teknik Geodesi-Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang-50277 Telp./Faks: (024) 76480788,
e-mail: sukmono35@gmail.com

(Diterima 03 Mei 2019, Disetujui 21 Mei 2019)

ABSTRAK

Kota Ungaran merupakan salah satu kota yang berkembang cukup pesat di wilayah Provinsi Jawa Tengah. Wilayah ini sangat berkembang sebagai perifer penyangga Kota Semarang. Perkembangan kota ungaran ini dapat dilihat dengan memantau perkembangan fisik Kota Ungaran, elemen fisik kota yang dapat dipantau salah satunya adalah kerapatan bangunan. Identifikasi kerapatan bangunan secara multitemporal dapat menunjukkan perkembangan wilayah suatu kota. Identifikasi kerapatan bangunan ini dapat menggunakan data citra satelit Landsat melalui metode interpretasi hibrida. Interpretasi hibrida merupakan kombinasi antara teknik interpretasi visual dan digital (transformasi urban index). Interpretasi visual dilakukan dengan pemetaan lahan terbangun secara delianiasi blok. Sedangkan interpretasi digital dilakukan dengan teknik transformasi urban index. Hasil interpretasi menunjukkan terjadinya peningkatan kerapatan bangunan periode 2009-2018. Kecepatan rata-rata perubahan luasan bangunan dari tahun 2009-2018 sebesar 43,83 Ha/pertahun. Arah perubahan kepadatan bangunan pada tahun 2009-2018 di Kecamatan Ungaran Timur dan Ungaran Barat mengarah dari timur ke barat, perubahan kepadatan bangunan banyak terjadi di daerah pusat kota sepanjang jalan utama dan daerah pinggiran perkotaan. Hasil identifikasi kerapatan bangunan dengan metode interpretasi hibrida ini dilakukan validasi dengan data pengukuran kerapatan bangunan lapangan. Hasil validasi menunjukkan ketelitian metode ini sebesar 89,78 %.

Kata kunci : *Interpretasi Hibrida, Kerapatan Bangunan, Lansat, Perkembangan Wilayah*

ABSTRACT

Ungaran City is one of the cities that has developed rapidly in the Central Java Province. This region is highly developed as a peripheral buffer city of Semarang. The development of this urban city can be seen by monitoring the physical development of Ungaran City, the physical element of the city that can be monitored, one of which is building density. Multitemporal building density identification can show the development of a city. This building density identification can use Landsat satellite image data through hybrid interpretation methods. Hybrid interpretation is a combination of visual and digital interpretation techniques (urban index transformation). Visual interpretation is done by mapping the built up land in a delianation block. While digital interpretation is done by urban index transformation technique. The results of the interpretation indicate an increase in building density for the period 2009-2018. The average speed of change in building area from 2009-2018 was 43.83 ha / year. The direction of changes in building density in the years 2009-2018 in the Districts of East Ungaran and West Ungaran leads from east to west, many changes in building density occur in downtown areas along the main roads and urban suburbs. The results of the identification of building density with the hybrid interpretation method were validated with data on the measurement of field building density. The validation results show the accuracy of this method is 89.78%.

Keywords : *Hybrid Interpretation, Building Density, Landsat, Urban Sprawl*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan fisik wilayah tersebut. Perkembangan fisik sebuah wilayah ditandai dengan bertambahnya lahan terbangun baik perumahan, industri, maupun fasilitas umum. Bertambahnya lahan terbangun bisa disebabkan oleh semakin meningkatnya

jumlah penduduk di wilayah tersebut. Pertambahan penduduk terutama di daerah perkotaan banyak dipengaruhi oleh adanya urbanisasi. Semakin sedikitnya lapangan pekerjaan yang ada di desa mengakibatkan banyak penduduk desa yang berpindah ke daerah perkotaan yang lebih banyak potensi lapangan

pekerjaan. Adanya urbanisasi mengakibatkan semakin padatnya penduduk di daerah perkotaan.

Kabupaten Semarang merupakan salah satu kabupaten di Jawa Tengah mengalami perkembangan cukup pesat. Kabupaten Semarang memiliki wilayah dengan luas yaitu 95.020,674 Ha. Pada Peraturan Daerah (PERDA) Provinsi Jawa Tengah Nomor 6 Tahun 2010 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi Jawa Tengah Tahun 2009-2029 menyebutkan bahwa Kabupaten Semarang termasuk dalam pusat pelayanan lokal, provinsi, nasional dan internasional. Pada tahun 2009 dimulai pembangunan jalan tol Ungaran-Bawen dan jalan tol tersebut dibuka pada tahun 2014. Adanya pembangunan jalan tol Ungaran-Bawen mengubah penggunaan lahan yang awalnya adalah lahan pertanian bukan sawah menjadi lahan terbangun. Hal itu juga secara tidak langsung memunculkan bangunan-bangunan di sekitar jalan tol baik digunakan sebagai pemukiman maupun industri karena akses yang mudah berkat adanya jalan tol. Maka dari itu perlu dilakukan monitoring perkembangan bangunan seperti arah perkembangan bangunan. Analisis arah perkembangan bangunan dibutuhkan agar perkembangannya tetap sesuai dengan RTRW Kabupaten Semarang dan tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan.

Perubahan kepadatan bangunan yang berlangsung cepat tidak memungkinkan menggunakan survei lapangan untuk memantau perubahannya. Pemanfaatan informasi dari penginderaan jauh merupakan solusi untuk memantau pemadatan bangunan karena bisa dilakukan secara cepat, multi temporal, dan mencakup wilayah yang luas misalnya menggunakan citra satelit Aster dan Landsat seperti yang pernah dilakukan oleh Suharyadi (2011), Nugraha (2014) dan Puspitasari (2016). Penggunaan citra satelit Landsat dikarenakan ketersediaan data yang memadai, tidak sulit diperoleh, dan temporal yang cukup baik untuk pemantauan pemadatan bangunan. Namun pengambilan informasi pemadatan bangunan dengan citra satelit Landsat sedikit terhambat karena resolusi spasial Landsat yang hanya 30 meter. Maka dari itu dibutuhkan teknik interpretasi untuk mendapatkan informasi mengenai kepadatan secara tepat. Penelitian ini menggunakan teknik interpretasi hibrida untuk menyadap informasi kepadatan bangunan. Interpretasi hibrida adalah kombinasi antara teknik interpretasi visual dan digital sehingga diharapkan dapat meminimalkan kekurangan dari masing-masing teknik interpretasi. Dari hasil interpretasi tersebut dapat dianalisis mengenai kecepatan dan arah perkembangan pemadatan bangunan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Interpretasi Hibrida

Interpretasi visual digunakan untuk deliniasi satuan pemetaan yang berupa blok bangunan. Menurut Suharyadi (2011) satuan pemetaan lahan terbangun (bangunan) merupakan penutup lahan yang berupa blok bangunan yang dibatasi oleh perbedaan karakteristik spektral pada citra, dan atau dibatasi oleh kenampakan alamiah (sungai, jalan raya, dan selokan). Interpretasi visual menggunakan unsur-unsur interpretasi seperti rona/warna, bentuk, tekstur, dan letak/asosiasi. Sedangkan interpretasi hibrida merupakan interpretasi yang menggabungkan interpretasi visual untuk deliniasi objek/satuan pemetaan berupa blok bangunan dan analisis digital untuk identifikasi kepadatan bangunan (Suharyadi, 2011).

2.2 Kepadatan Bangunan

Menurut UU Nomor 28 Tahun 2002 bangunan gedung didefinisikan sebagai wujud fisik pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus.

Kepadatan bangunan adalah proses pertambahan kepadatan bangunan yang bersifat vertikal dan horizontal. Kepadatan bangunan tidak selamanya berakibat negatif karena bisa dimungkinkan adanya kepadatan bangunan adalah upaya untuk meratakan perkembangan fisik kota namun tetap perlu dikendalikan (Treman, 2012).

2.3 Urban Index (UI) dan Building Coverage Ratio (BCR)

Transformasi UI menggunakan saluran inframerah dekat (VNIR) dan inframerah tengah II (SWIR-2). Algoritma UI pada Landsat 7 ETM+ memanfaatkan saluran 7 dan 4 sedangkan pada Landsat 8 OLI/TIRS memanfaatkan saluran 7 dan 5. Adapun formula transformasi Urban Index adalah sebagai berikut (Danoedoro, 2012).

$$Urban\ Index = \left(\frac{BV\ SWIR\ II - BV\ NIR}{BV\ SWIR\ II + BV\ NIR} + 1 \right) \times 100 \dots (1)$$

Keterangan:

BV = *brightness value*
 SWIR II = saluran *shortwave infrared II*
 NIR = saluran *near infrared*

Klasifikasi kepadatan bangunan menggunakan *Urban Index* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi Kepadatan Bangunan UI (Suharyadi, 2011)

No	Kepadatan Bangunan	Kunci Interpretasi
1	Rendah	r UI < 65
2	Sedang	(r UI 65-80 dan r b5 < 0.14)
3	Tinggi	r UI > 80 atau (r UI 65-80 dan r b5 > 0.14)

Building Coverage Ratio (BCR) adalah metode yang digunakan dalam menentukan kepadatan bangunan di blok bangunan. Peta kepadatan bangunan BCR kemudian dimanfaatkan sebagai peta kepadatan bangunan rujukan (Puspitasari, 2016). Rumus kepadatan bangunan dengan metode ini ditunjukkan oleh rumus (2) dan klasifikasinya ditunjukkan oleh Tabel 2.

$$BCR = \frac{\text{Jumlah luas tutupan atap satuan pemetaan}}{\text{Luas satuan pemetaan (blok bangunan)}} \times 100\% \dots\dots(2)$$

Tabel 2 Klasifikasi Kepadatan Bangunan BCR (Nugraha, 2014)

No	Kelas Kepadatan	Nilai Kepadatan	Keterangan
1	I	>70%	Padat
2	II	50-70%	Sedang
3	III	10-50%	Jarang
4	IV	<10%	Bukan Bangunan

2.4 Standard Deviation Ellips

Arah distribusi dapat ditentukan menggunakan *Standard Devitional Ellipse*. *Standard Devitional Ellipse* adalah suatu metode untuk menganalisis karakteristik spasial fitur geografis seperti pusat kecondongan, sebaran dan arah pola. *Standard Devitional Ellipse* menghitung jarak standar pada arah x dan y untuk menentukan arah sumbu *elips* pada sebaran fitur (Sa'diyah, 2016).

2.5 Kecepatan Perubahan Luas Kepadatan Bangunan

Yunus (2001) dalam Ratnasari (2016) merumuskan nilai rata-rata penambahan lahan bangunan sebagai berikut:

$$Plt = \frac{St (T2) - St (T1)}{T} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:
 Plt = rata-rata penambahan lahan bangunan
 St = *settlement* (Ha)
 T2 = tahun akhir pengamatan
 T1 = tahun awal pengamatan
 T = selisih waktu pengamatan (T2-T1)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kota Ungaran pada Kecamatan Ungaran Barat dan Ungaran Timur. Kedua kecamatan ini merupakan wilayah yang berkembang pesat di Kabupaten Semarang. Kecamatan Ungaran Barat dan Ungaran Timur merupakan perifer dari Kota Semarang sehingga wilayah ini sangat berkembang.

3.2 Metodologi

3.2.1 Preprocessing Citra Landsat

a) Landsat Gap Fill

Dilakukan pada data Landsat 7 akibat adanya kesalahan sensor sehingga mengakibatkan gap-gap piksel pada citra. Landsat *gap fill* dilakukan dengan menggunakan *plugin* khusus Landsat *Gap Fill* di *software* ENVI Classic 5.1.

b) Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi radiometrik dilakukan dengan mengkonversi nilai *digital number* (DN) menjadi nilai reflektan *top of atmosphere* (TOA).

c) Koreksi Geometri

Koreksi geometri dilakukan dengan *image to map* terhadap citra WorldView tahun 2015 yang sudah terortorektifikasi.

d) Pemotongan Citra

Pemotongan citra dilakukan dengan menggunakan data batas administrasi Kecamatan Ungaran Barat dan Ungaran Timur yang berbentuk vektor untuk memfokuskan penelitian ini pada daerah tersebut.

e) Uji Geometri

Uji geometri dilakukan untuk mengecek kualitas citra Worldview karena citra Worldview didapatkan dalam penelitian sudah terortorektifikasi. Pengecekan kualitas berguna untuk menentukan layak tidaknya citra Worldview digunakan dalam penelitian ini. Uji geometri dalam penelitian ini menggunakan perbandingan data ukuran di lapangan dengan data ukuran pada citra Worldview.

3.2.1 Pengolahan Data

a) Interpretasi Visual Landsat

Interpretasi satuan pemetaan pada citra Landsat menggunakan teknik interpretasi visual untuk membedakan antara lahan terbangun berupa blok bangunan dan bukan lahan terbangun. Blok bangunan diinterpretasi berdasarkan perbedaan spektral dan kenampakan alamiah seperti jalan atau sungai serta memperhitungkan skala keluaran. Perbedaan spektral didapatkan dari penggunaan komposit warna. Komposit warna yang utama digunakan yaitu saluran 4, 3, 2 pada Landsat 7 dan 5, 4, 3 pada Landsat 8. Selain komposit tersebut penelitian ini juga menggunakan komposit lainnya sebagai bantuan yaitu 7, 5, 3 pada Landsat 7 dan 7, 6, 4 pada Landsat 8. Penggunaan komposit tersebut bertujuan untuk mempermudah interpretasi lahan terbangun di daerah sub urban dan untuk membedakan antara sawah dengan lahan terbangun.

b) Transformasi Urban Index

Transformasi ini menggunakan rumus (1) dimana sebagai *input* menggunakan *band* inframerah dekat (NIR) dan inframerah jauh II (SWIR II).

c) Interpretasi Hibrida

Interpretasi hibrida dilakukan dengan merata-rata nilai hasil *urban index* pada setiap satuan pemetaan dengan menggunakan *tool zonal statistics*. Klasifikasi hasil interpretasi hibrida menggunakan Tabel 1.

d) Interpretasi Visual Citra WorldView

Penggunaan citra WorldView yang memiliki resolusi tinggi ini agar diperoleh peta kepadatan bangunan rujukan yang sesuai dengan kondisi di lapangan. Informasi kepadatan bangunan dengan citra WorldView didapatkan dari metode digitasi *on screen*. Digitasi tetap dilakukan dengan membuat blok-blok bangunan yang dibatasi oleh kenampakan alamiah seperti jalan dan sungai serta kenampakan spektral.

e) Building Coverage Ratio

Building Coverage Ratio (BCR) dilakukan pada hasil interpretasi visual citra Worldview. Tujuan dilakukannya BCR ini adalah untuk mengetahui tingkat kepadatan bangunan di satuan pemetaan. Perhitungan BCR menggunakan rumus (II.2) yang membandingkan antara luasan bangunan di blok bangunan tersebut dengan luasan blok itu sendiri. Klasifikasi kepadatan bangunannya menggunakan klasifikasi pada Tabel 2.

f) Validasi Building Coverage Ratio

Validasi dilakukan dengan mengambil beberapa sampel yang diharapkan dapat mewakili seluruh populasi dalam area penelitian. Pengambilan sampel menggunakan teknik non

probabilitas yaitu tidak semua anggota populasi mempunyai kesempatan untuk menjadi sampel, hanya blok-blok kecil yang berisi sedikit rumah saja yang bisa menjadi sampel. Hal ini dikarenakan keterbatasan alat pengukuran luasan sehingga hanya dapat mengukur untuk blok yang kecil. Jumlah sampel yang diambil yaitu 30 sampel menurut Gay dan Diehl (1992) dalam Amirullah (2015). Validasi dilakukan dengan mengukur luas bangunan di suatu blok bangunan lalu dihitung tingkat kepadatan bangunannya dan dibandingkan dengan kepadatan bangunan di citra WorldView. Perhitungan akurasi menggunakan rumus seperti yang dipakai oleh (Puspitasari, 2016).

$$Kp = \left| \frac{x}{x'} * 100\% \right| \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

Kp = Ketelitian Pemetaan

X = rerata kepadatan bangunan objek A pada citra

X' = rerata kepadatan bangunan objek A di lapangan

e) Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan menggunakan matrik konfusi. Matrik konfusi yang terbentuk antara citra WorldView tahun 2015 sebagai peta referensi dengan hasil interpretasi hibrida sebagai hasil klasifikasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Kalibrasi Radiometrik

Pada Landsat 7 rentang nilai piksel asli adalah 0 – 255. Setelah dilakukan kalibrasi radiometrik menjadi kurang dari 1. Sedangkan pada Landsat 8 nilai piksel asli berada pada rentang 0 – 65535. Setelah dilakukan kalibrasi radiometrik menjadi kurang dari 1.

4.2 Hasil Koreksi Geometri

Nilai RMSE pada citra Landsat tahun 2009 sebesar 0,19544, tahun 2012 sebesar 0,21107, tahun 2015 sebesar 0,20520 dan tahun 2018 sebesar 0,20025. Nilai RMSE pada masing-masing citra Landsat sudah memenuhi syarat kurang dari 1 piksel.

4.3 Uji Geometri

Uji geometri dilakukan dengan membandingkan data ukuran yang ada pada citra dengan data ukuran di lapangan. Data sampel yang diambil adalah 30 sampel tersebar di seluruh wilayah Ungaran Barat dan Ungaran Timur. Penentuan titik sampel dilakukan dengan acak

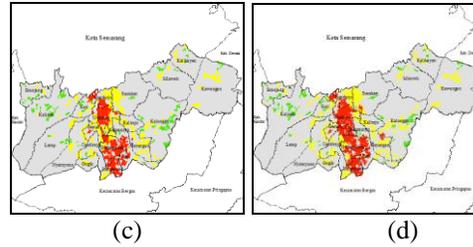
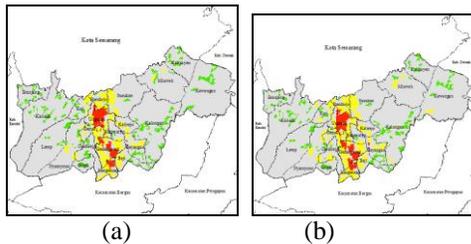
namun tetap memperhatikan jarak dan letak antar sampel. Sampel yang diuji berupa lebar jalan, jembatan, dan lapangan karena ketiga objek tersebut yang dapat terlihat jelas di citra dan dapat diukur di lapangan. Nilai RMSE yang didapat dalam uji geometri ini adalah 1,801 m. Untuk uji ketelitian peta mengacu pada PERKA BIG Nomor 15 Tahun 2014 masuk pada peta skala 1:5.000 kelas 3.

4.4 Hasil Transformasi Urban Index

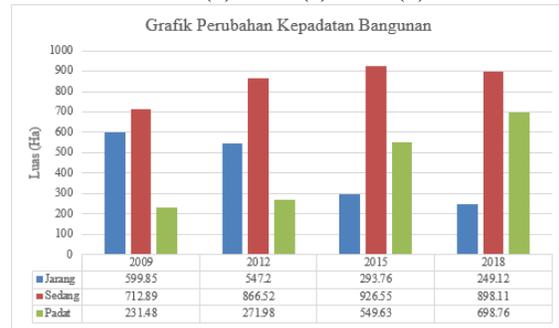
Hasil *urban index* pada tahun 2009 dan 2012 menunjukkan rentang -9,20818 sampai 140,038 dan -29,2395 sampai 135,98. Terdapat nilai negatif karena ada beberapa piksel hasil Landsat *gap fill* yang tidak sempurna sehingga mengakibatkan piksel tersebut menjadi bernilai negatif. Sedangkan pada tahun 2015 dan 2018. hasil *urban index* menunjukkan rentang nilai 17,6407 sampai 138,102 dan 14,8073 sampai 141,392. Hasil *urban index* tersebut kemudian akan digunakan sebagai penentu tingkat kepadatan bangunan.

4.5 Hasil Interpretasi Hibrida

Hasil interpretasi hibrida didapatkan dari hasil rata-rata nilai *urban index* pada setiap satuan pemetaan yang dibagi menjadi 4 kelas yaitu bukan bangunan yang ditunjukkan oleh warna abu-abu, jarang berwarna hijau, sedang berwarna kuning, dan padat berwarna merah. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan *tool zonal statistics*. Hasil nilai rata-rata pada setiap blok pemetaan diklasifikasikan ke kelas kepadatan yang merujuk kepada Suharyadi (2011) seperti pada Tabel 1. Kelas kepadatan jarang mendominasi di daerah pedesaan, kelas kepadatan sedang banyak ditemui di daerah sub urban atau pinggiran perkotaan, dan kelas kepadatan padat mendominasi di pusat perkotaan dan sepanjang jalan utama Ungaran. Berikut adalah hasil interpretasi hibrida di Kecamatan Ungaran Timur dan Barat pada tahun 2009-2018.



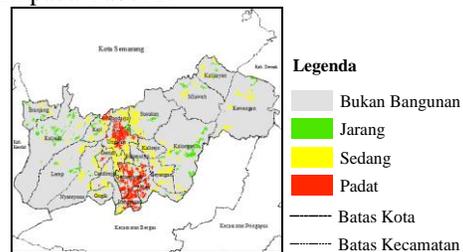
Gambar 1 Hasil interpretasi hibrida tahun 2009 (a) 2012 (b) 2015 (c) 2018 (d)



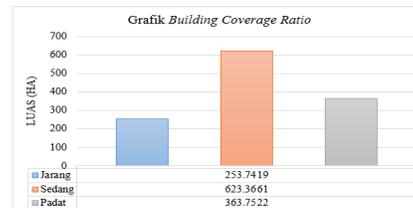
Gambar 2 Grafik Kepadatan Bangunan tahun 2009-2018

4.6 Hasil Building Coverage Ratio

Perolehan nilai kepadatan bangunan dilakukan dengan metode *Building Coverage Ratio* (BCR). Untuk mengetahui tingkat kepadatan bangunan dilakukan digitasi blok bangunan dan digitasi bangunan untuk mengetahui luasan dari blok bangunan dan bangunan di blok tersebut. BCR yaitu perbandingan antara luas bangunan di suatu blok terhadap luas blok bangunan seperti pada rumus (2), maka akan didapatkan tingkat kepadatan bangunan pada setiap blok bangunan. Kelas kepadatan bangunan merujuk Nugraha (2014) seperti pada Tabel 2.



Gambar 3 Hasil *building coverage ratio*



Gambar 4 Grafik hasil *building coverage ratio*

4.7 Validasi Building Coverage Ratio

Validasi dilakukan dengan pengukuran langsung di lapangan menggunakan pita ukur. Pengambilan sampel menggunakan teknik non probabilitas yaitu hanya blok-blok kecil yang berisi sedikit rumah saja yang bisa menjadi sampel karena keterbatasan alat. Jumlah sampel yang diambil yaitu 30 sampel menurut Gay dan Diehl (1992) dalam Amirullah (2015). Hasil validasi building coverage ratio dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil validasi lapangan

Nomor Sampel	Kepadatan Bangunan (%)		Ketelitian Pemetaan (%)
	Interpretasi	Lapangan	
1	73,113	51,244	70,089
2	39,393	40,863	96,404
3	63,003	64,455	97,747
4	84,369	77,166	91,463
5	57,303	56,248	98,159
6	19,985	20,996	95,182
7	67,124	63,491	94,588
8	39,227	34,596	88,196
9	49,130	51,853	94,748
10	44,520	49,986	89,065
11	44,299	41,902	94,588
12	37,365	41,757	89,483
13	38,977	36,547	93,766
14	79,397	98,837	80,331
15	54,114	58,158	93,047
16	84,636	95,455	88,666
17	91,920	83,897	91,272
18	71,204	73,965	96,267
19	69,729	51,498	73,854
20	79,008	88,646	89,127
21	65,526	58,643	89,496
22	62,633	60,846	97,146
23	71,298	72,512	98,325
24	84,051	87,081	96,521
25	92,851	82,235	88,567
26	65,255	97,817	66,711
27	66,234	52,021	78,541
28	56,292	60,911	92,417
29	18,293	21,771	84,027
30	56,537	53,976	95,470
Rata-rata			89,775

4.8 Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan dengan membandingkan peta kepadatan bangunan hasil interpretasi hibrida dengan peta kepadatan bangunan rujukan yaitu hasil BCR. Congalton dan Green (2009) mengungkapkan bahwa *overall accuracy* yang dapat diterima adalah 85%. *Overall accuracy* pada penelitian ini adalah 89,7035% yang

mana melebihi batas *overall accuracy* yang dapat diterima. Sehingga dapat dikatakan perolehan informasi tingkat kepadatan bangunan dengan citra Landsat memenuhi ambang batas akurasi yang dapat diterima. *Kappa accuracy* menunjukkan angka 0,6188 termasuk dalam kelas *moderate agreement*.

Tabel 4 Matrik konfusi

Kelas	Bukan Bangunan	Jarang	Sedang	Padat	Total
Bukan Bangunan	89085	783	1165	305	91338
Jarang	1420	1715	108	10	3253
Sedang	4551	247	5297	186	10281
Padat	2201	21	429	3447	6098
Total	97257	2766	6999	3948	110970
Overall Accuracy					89,7035 %
Kappa Accuracy					0,6188

4.8 Kecepatan Perubahan Luasan Kepadatan Bangunan

Kecepatan perubahan luasan kepadatan bangunan dihitung dari lahan yang mengalami perubahan luasan dengan tahun pengamatan seperti rumus (3).

$$\begin{aligned}
 Pit\ 2009 - 2012 &= \frac{St(T2) - St(T1)}{T} \\
 &= \frac{1685,70 - 1554,22}{2012 - 2009} \\
 &= 43,8267\ Ha/tahun
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pit\ 2012 - 2015 &= \frac{St(T2) - St(T1)}{T} \\
 &= \frac{1769,94 - 1685,70}{2015 - 2012} \\
 &= 26,4133\ Ha/tahun
 \end{aligned}$$

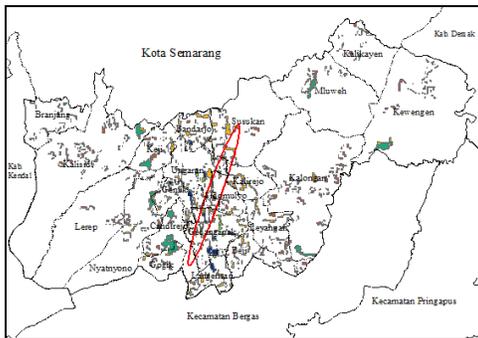
$$\begin{aligned}
 Pit\ 2015 - 2018 &= \frac{St(T2) - St(T1)}{T} \\
 &= \frac{1845,99 - 1769,94}{2018 - 2015} \\
 &= 25,350\ Ha/tahun
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rerata\ 2009 - 2018 &= \frac{43,8267 + 26,4133 + 25,350}{3} \\
 &= 31,863\ Ha/tahun
 \end{aligned}$$

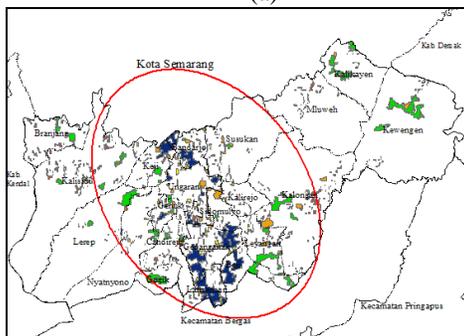
Rata-rata perubahan luasan bangunan pertahun pada periode 2009-2018 adalah 31,863 Ha/tahun. Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa pada tahun 2009-2012 mengalami perubahan luasan bangunan yang paling signifikan sedangkan pada tahun 2012-2015 dan 2015-2018

cenderung memiliki perubahan luasan bangunan yang stabil.

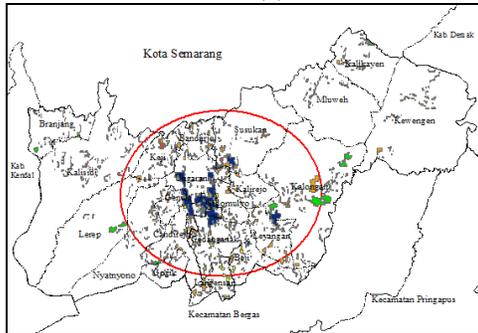
4.9 Arah Perubahan Kepadatan Bangunan



(a)



(b)



(c)

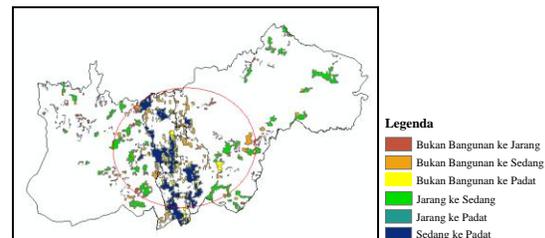
Gambar 5 Arah perubahan kepadatan bangunan tahun 2009-2012 (a), 2012-2015 (b), dan 2015-2018 (c)

Tabel 5 Atribut ellips arah perubahan kepadatan bangunan

Tahun	Center X (m)	Center Y (m)	Standar Deviasi X	Standar Deviasi Y	Rotasi
2009-2012	435255,48901	9210984,3464	265,13966	2812,89525	19,63862°
2012-2015	435167,83242	9211656,7060	5272,8039	3845,73953	143,67756°
2015-2018	435430,27655	9211353,1938	3142,07337	3810,83936	88,058897°

Arah perubahan kepadatan bangunan dari timur laut ke barat daya pada tahun 2009-2012. Pada tahun 2012-2015, perubahan kepadatan bangunan mengarah dari tenggara ke barat laut dan pada tahun 2015-2018 perubahan kepadatan bangunan mengarah dari timur ke barat dengan pada tahun 2015-2018 perubahan kepadatan bangunan mengarah dari timur ke barat dengan arah perubahan bersifat vertikal terhadap pusat ellips atau lebih mengarah ke sumbu Y menunjukkan bahwa arah perubahan kepadatan bangunan di Kecamatan Ungaran Timur dan Ungaran Barat ke daerah sub urban atau pinggiran kota sepanjang jalan utama.

Berikut adalah hasil analisis arah perubahan kepadatan bangunan dari tahun 2009 hingga 2018.



Gambar 6 Arah perubahan kepadatan bangunan tahun 2009-2018

Tabel 6 Atribut ellips arah perubahan kepadatan bangunan tahun 2009-2018

Tahun	Center X (m)	Center Y (m)	Standar Deviasi X	Standar Deviasi Y	Rotasi
2009-2018	435644,750184	9211263,30783	3068,845105	3677,953725	85,108747°

Dari ellips diatas dapat dilihat bahwa perubahan kepadatan bangunan banyak terjadi di daerah pusat kota sepanjang jalan utama dan daerah pinggiran perkotaan. Pada daerah pusat perkotaan sepanjang jalan utama didominasi oleh perubahan dari sedang ke padat yang mengindikasikan adanya penambahan bangunan dengan luasan area yang tetap sehingga terjadi pemadatan bangunan. Selain itu di daerah tersebut juga terdapat perubahan dari bukan bangunan ke sedang dan bukan bangunan ke padat yang berarti adanya pembukaan lahan baru untuk pembangunan bangunan. Untuk daerah pedesaan di wilayah sebelah barat dan timur, perubahan di dominasi

perubahan dari jarang ke sedang yang berarti adanya penambahan bangunan luasan lahan yang tetap misalnya jika di pedesaan pada awalnya terdapat jarak antar rumah yang agak jauh lalu lahan diantara rumah tersebut dimanfaatkan untuk membangun rumah baru karena penambahan penduduk.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal untuk menjawab rumusan masalah. Berikut adalah hal—hal yang dapat disimpulkan dalam penelitian ini:

1. Kepadatan bangunan hasil interpretasi hibrida di Kecamatan Ungaran Timur dan Ungaran Barat memiliki tingkat akurasi sebesar 89,7035%. Dalam penelitian ini kelas kepadatan bangunan terbagi menjadi tiga kelas yaitu Jarang, Sedang, dan Padat. Kelas kepadatan bangunan jarang mendominasi di wilayah pedesaan yang jauh dari pusat kota. Kelas kepadatan sedang banyak berada di wilayah sub urban atau pinggiran kota sedangkan kelas kepadatan bangunan padat mendominasi wilayah pusat kota yang merupakan pusat pemerintahan, perkantoran, perekonomian, dan industri. Terjadi peningkatan luasan kepadatan bangunan di kedua kecamatan tersebut. Pada tahun 2009, luas total bangunan adalah 1554,22 Ha meningkat menjadi 1685,70 Ha pada tahun 2012, Perubahan pada tahun 2009-2012 didominasi oleh kelas jarang menjadi sedang. Pada tahun 2012-2015, perubahan kepadatan bangunan didominasi oleh kelas jarang menjadi sedang, dan sedang menjadi padat. Luas bangunan pada tahun 2015 total luasan menjadi 1769,94 Ha dan meningkat lagi pada tahun 2018 menjadi 1845,99 Ha. Perubahan kepadatan bangunan pada tahun 2015-2018 didominasi oleh kelas sedang menjadi padat.
2. Rata-rata kecepatan perubahan kepadatan bangunan pada tahun 2009-2018 adalah seluas 31.863 Ha/tahun. Pada tahun 2009-2012 mengalami angka perubahan kecepatan perubahan kepadatan bangunan paling tinggi yaitu 43,8267 Ha/pertahun. Sedangkan pada tahun 2012-2015 dan 2015-2018, angka kecepatan perubahan kepadatan bangunan cenderung tidak berubah banyak yaitu seluas 26,4133 Ha/tahun pada 2012-2015 dan 25,350 Ha/tahun pada 2015-2018.
3. Arah perubahan kepadatan bangunan pada tahun 2009-2018 dari arah timur ke barat dengan sudut rotasi 85,108747°. Perubahan kepadatan bangunan banyak terjadi di pusat perkotaan dan pinggiran kota yang di dominasi oleh tingkat kepadatan sedang ke padat yang mengindikasikan bahwa adanya pemadatan bangunan pada daerah pusat perkotaan. Pada daerah pinggiran kota di dominasi oleh perubahan dari bukan bangunan ke jarang/sedang dan dari tingkat

kepadatan jarang ke sedang yang menunjukkan bahwa di daerah pinggiran kota terdapat pembukaan lahan baru untuk pembangunan permukiman.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirullah. 2015. Populasi dan Sampel Pemahaman, Jenis, dan Teknik. Bayumedia: Malang
- Congalton, Russell G.. dan Kass Green. 2009. *Assesing the Accuracy of Remotely Sensed Data Principles and Practices Second Edition*. CRC Press: Boca Raton
- Danoedoro. Projo. 2012. Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Penerbit Andi: Yogyakarta
- Nugraha, Vembri Satya. 2014. Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh untuk Monitoring Kepadatan Bangunan di Daerah Perkotaan Magelang. Skripsi. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta
- Puspitasari. Shanti. 2016. Kajian Kepadatan Bangunan Menggunakan Interpretasi Hibrida Citra Landsat-8 OLI di Kota Semarang Tahun 2015. Skripsi. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta
- Ratnasari, Dwi Santy dan R. Suharyadi. 2016. Pemanfaatan Citra Resolusi Tinggi Multitemporal untuk Analisis Karakteristik Perkembangan Permukiman Kota Bogor Tahun 2005-2014 Menggunakan *Spatial Statistics*. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta
- Republik Indonesia. 2002. Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung. Jakarta
- Sa'diyah. Ulifatus. 2016. Studi Optimalisasi Pemanfaatan Lahan di Kampus Universitas Diponegoro Tembalang Berdasarkan Analisis Citra Multi Temporal. Tugas Akhir. Universitas Diponegoro: Semarang
- Suharyadi. 2011. Interpretasi Hibrida Citra Satelit Resolusi Spasial Menengah untuk Kajian Kepadatan Bangunan Daerah Perkotaan di Daerah Perkotaan Yogyakarta. Disertasi. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta
- Treman, I Wayan. 2012. Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Kajian Kepadatan Rumah Mukim Perkotaan. Universitas Pendidikan Ganesha: Singaraja