

KAJIAN KEPADATAN BANGUNAN MENGGUNAKAN INTERPRETASI HIBRIDA CITRA LANDSAT-8 OLI DI KOTA SEMARANG TAHUN 2015

Shanti Puspitasari
puspitasari.shanti@gmail.com

Suharyadi
suharyadir@ugm.ac.id

Abstract

The rapid development of the city gives impact to increase in the number of buildings in Semarang city. It causes Semarang become dense city. Using remote sensing to identify the density of buildings more efficient than terrestrial method. This research aims: (1) To map building density of Semarang city using hybrid interpretation, (2) To assess the level of hybrid interpretation accuracy by comparing to the standard building density map as references, (3) To assess pattern of building density of Semarang city was resulted from hybrid interpretation. The method in this research is a hybrid interpretation, it is a combination of visual and digital interpretation. The result of this research is hybrid interpretation can be used to identify building density. The level of accuracy of this technique to map the building density is 87,81%. It mean that hybrid interpretation is classified satisfactory level to extract building density information. The building density in Semarang is affected by topography in that area. Getting away from downtown area, the density followed the main road.

Keywords: Building density, hybrid interpretation, Landsat-8 OLI

Abstrak

Perkembangan wilayah memicu semakin meningkatnya jumlah bangunan sehingga kepadatan di Kota Semarang semakin meningkat. Identifikasi kepadatan bangunan agar lebih efisien dapat memanfaatkan citra penginderaan jauh. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Pemetaan kepadatan bangunan di Kota Semarang berdasarkan interpretasi hibrida, (2) Mengkaji tingkat akurasi peta kepadatan bangunan hasil interpretasi hibrida di Kota Semarang dengan peta kepadatan bangunan rujukan, dan (3) Mengkaji pola kepadatan bangunan yang terjadi di Kota Semarang yang diperoleh berdasarkan hasil interpretasi hibrida. Metode yang digunakan untuk identifikasi kepadatan bangunan dalam penelitian ini adalah interpretasi hibrida yakni penggabungan antara interpretasi visual dan digital. Hasil dari penelitian ini adalah interpretasi hibrida dapat digunakan untuk memetakan kepadatan bangunan dengan nilai uji akurasi sebesar 87,81%. Nilai tersebut menandakan interpretasi hibrida layak digunakan untuk identifikasi kepadatan bangunan. Pola kepadatan sangat dipengaruhi topografi wilayah, semakin menjauh dari pusat kota maka kepadatan mengikuti jalan utama.

Kata kunci: kepadatan bangunan, interpretasi hibrida, citra Landsat-8

PENDAHULUAN

Kota adalah daerah administrasi setara kabupaten yang keberadaannya ditentukan oleh undang-undang dan dulu dinamakan kotamadya (Suharyadi, 2000). Perkembangan kota tidak dapat lepas dari aspek pembentuknya yang meliputi sosial budaya, ekonomi, permukiman, kependudukan, sarana dan prasarana serta transportasi (Pranoto, 2007). Perkembangan kota dapat memicu semakin tingginya pembangunan gedung sehingga dapat mengakibatkan semakin pesatnya kepadatan bangunan.

Perkembangan wilayah juga tidak lepas dari masalah kependudukan. Semakin banyaknya penduduk dan terkonsentrasinya aktivitas penduduk di pusat kota maka mengakibatkan pembangunan yang intensif untuk memenuhi lahan permukiman atau peningkatan fasilitas pelayanan. Pembangunan yang intensif tidak diimbangi dengan ketersediaan lahan yang memadai sehingga mengakibatkan semakin padatnya bangunan. Kepadatan bangunan yang terus terjadi dapat menyebabkan dampak negatif seperti penurunan kesehatan masyarakat, penurunan kualitas tempat tinggal, dan ketidaksesuaian dengan tata ruang wilayah.

Perkembangan fisik suatu kota dapat dibedakan menjadi perkembangan fisik horisontal dan vertikal. Bentuk perkembangan kepadatan bangunan secara horisontal salah satunya disebut sebagai densifikasi bangunan. Proses perkembangan kepadatan bangunan secara horisontal memiliki dua tipe yakni perkembangan sentrifugal dan sentripetal. Perkembangan sentrifugal adalah perkembangan yang mengarah keluar pusat kota ke daerah pinggiran perkotaan. Perkembangan ini menyebabkan terjadinya perubahan lahan dari lahan pertanian ke *non* pertanian di daerah pinggiran dan pada daerah pusat kota mengalami perubahan penggunaan lahan dari kawasan hunian menjadi kawasan bisnis seperti perdagangan, perhotelan, perkantoran, dan jasa. Perkembangan sentripetal merupakan proses perkembangan bangunan kekotaan yang terjadi di bagian dalam kota dengan kata lain perkembangan masih memanfaatkan lahan di perkotaan yang masih kosong.

Identifikasi kepadatan bangunan apabila dilakukan secara terestrial membutuhkan waktu, biaya, dan tenaga yang cukup banyak sehingga agar lebih efisien dimanfaatkanlah citra

penginderaan jauh. Penggunaan citra penginderaan jauh memiliki keunggulan datanya mudah diperoleh dan validitasnya dapat dipercaya. Data dari citra penginderaan jauh diperoleh dengan cara interpretasi citra. Interpretasi citra menurut Sutanto (1986) dapat dilakukan secara manual/visual maupun digital. Interpretasi manual merupakan interpretasi yang dilakukan berdasarkan pada pengenalan ciri karakteristik objek secara keruangan. Interpretasi dilakukan dengan menggunakan bantuan unsur interpretasi seperti rona/warna, bentuk, ukuran, tekstur, bayangan, pola, letak, asosiasi. Interpretasi data penginderaan jauh secara digital menurut Sutanto (1986) pada dasarnya berupa klasifikasi piksel berdasarkan nilai spektralnya. Penggunaan citra dalam identifikasi kepadatan bangunan dapat dilakukan dengan cara interpretasi visual, digital, maupun hibrida.

Cara yang paling dikenal dan sering digunakan adalah interpretasi visual dan digital. Kedua interpretasi tersebut mempunyai keunggulan dan keterbatasan. Guna mengoptimalkan keunggulan dan meminimalkan keterbatasan interpretasi visual dan digital maka dilakukanlah interpretasi hibrida. Interpretasi hibrida dapat mengurangi ketidakkonsistenan dalam pengenalan objek yang ada pada interpretasi citra penginderaan jauh visual dan mengganti pengenalan individu piksel pada interpretasi digital dengan delineasi kelompok piksel (Suharyadi, 2012). Hibrida merupakan salah satu teknik yang masih jarang digunakan di Indonesia. Klasifikasi dilakukan dengan menggabungkan dua metode atau lebih secara bersama-sama untuk klasifikasi. Metode yang digabungkan dapat berupa penggabungan terselia dan tak terselia atau visual dan digital. Penggunaan interpretasi dengan metode ini dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas hasil interpretasi objek serta mampu lebih mengembangkan penggunaan interpretasi hibrida di Indonesia khususnya.

Kota Semarang merupakan salah satu kota yang terus mengalami perkembangan fisik kekotaan. Perkembangan tersebut salah satunya dikarenakan keberadaan kawasan industri yang cukup banyak sehingga menyerap banyak tenaga kerja. Hal tersebut dapat dibuktikan dari Kota Semarang dalam angka 2014 (BPS Kota Semarang, 2014) yang menyatakan bahwa mata pencaharian penduduk utama terbesar adalah

buruh industri sebesar 25,65%, PNS dan TNI/Polri 13,76%, pedagang 12,51%, buruh bangunan 12,02%, dan sebagainya. Selain itu, topografi Semarang yang cenderung beragam juga mengakibatkan perkembangan bangunannya memusat di topografi datar hingga landai yakni di bagian utara tepatnya pusat kota.

Penelitian kepadatan bangunan di Kota Semarang memang sudah sering dilakukan, namun sebagian besar menggunakan interpretasi visual atau digital saja. Penelitian tersebut belum ada yang menggunakan interpretasi hibrida sehingga perlu diuji, teknik interpretasi ini apakah hasilnya cukup baik seperti penelitian sebelumnya. Interpretasi ini menggunakan data utama berupa citra resolusi menengah yakni Landsat-8 OLI. Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Pemetaan kepadatan bangunan di Kota Semarang berdasarkan interpretasi hibrida.
2. Mengkaji tingkat akurasi peta kepadatan bangunan hasil interpretasi hibrida di Kota Semarang dengan peta kepadatan bangunan rujukan.
3. Mengkaji pola kepadatan bangunan yang terjadi di Kota Semarang yang diperoleh berdasarkan hasil interpretasi hibrida.

METODE PENELITIAN

Data kepadatan bangunan dihasilkan dari ekstraksi citra penginderaan jauh Landsat-8 OLI menggunakan teknik interpretasi hibrida. Teknik ini mengkombinasikan teknik interpretasi visual dan digital. Interpretasi visual digunakan untuk delineasi satuan pemetaan yang berupa lahan terbangun dan interpretasi digital digunakan untuk identifikasi kepadatan bangunan.

Citra Landsat-8 yang digunakan sebagai data utama terlebih dahulu dilakukan koreksi radiometri dan geometri. Koreksi radiometri dilakukan dengan mengkonversikan nilai *radianse at sensor* menjadi *reflectance at sensor* sehingga diperoleh nilai piksel standar. Koreksi geometri dilakukan agar posisi piksel sesuai dengan posisi sebenarnya pada koordinat bumi.

Tahapan interpretasi visual dari interpretasi hibrida adalah mendelineasi satuan pemetaan. Satuan pemetaan didelineasi berdasarkan komposit 567 pada citra Landsat-8. Komposit warna tersebut dipilih karena sangat baik untuk membedakan penutup lahan di wilayah perkotaan yang penutupnya heterogen. Satuan

pemetaan lahan yang diinterpretasi berupa blok bangunan yang dibatasi oleh kenampakan jalan maupun sungai. Delineasi dibedakan menjadi dua yakni lahan terbangun dan bukan lahan terbangun.

Interpretasi digital dilakukan dengan transformasi indeks perkotaan (*urban index*). Algoritma *urban index* dilakukan pada saluran inframerah dekat dan inframerah tengah II. Transformasi ini bertujuan untuk menonjolkan objek lahan terbangun. Semakin tinggi nilai dan ronanya semakin cerah maka menunjukkan lahan terbangun, sedangkan semakin rendah nilainya dan semakin gelap ronanya maka menunjukkan bukan lahan terbangun. Indeks perkotaan digunakan sebagai parameter untuk menentukan kepadatan bangunan pada blok lahan terbangun. Formula indeks perkotaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$UI \text{ Landsat } 8 = \left[\frac{B7 - B5}{B7 + B5} + 1 \right] \times 100 \dots \text{Persamaan (1)}$$

Keterangan:

UI = indeks perkotaan (*urban index*)

B7 = saluran inframerah tengah II citra Landsat 8 OLI

B5 = saluran inframerah dekat citra Landsat 8 OLI

Penentuan kelas kepadatan bangunan dilakukan dengan menggunakan kunci interpretasi yang dibuat oleh Suharyadi (2009) dengan modifikasi pada Tabel 1.

Tabel 1. Kunci Interpretasi

No	Kepadatan	Kunci Interpretasi
1	Rendah	rUI <65 atau rUI 65 – 80 dan rb5 <0,14
2	Tinggi	rUI >80 atau rUI 65 – 80 dan rb5 >0,14

Sumber: Suharyadi (2010) dengan modifikasi

Keterangan:

rUI = rerata nilai piksel citra *urban index*

rb5 = rerata nilai piksel band 5 citra Landsat-8 OLI

Interpretasi hibrida dilakukan dengan mengkombinasikan hasil interpretasi visual yakni satuan pemetaan lahan terbangun dengan hasil interpretasi digital untuk identifikasi kepadatan. Interpretasi hibrida dilakukan dengan menerapkan kunci interpretasi terhadap nilai

rata-rata citra *urban index* dan saluran inframerah dekat yang telah dikoreksi *reflectan at sensor* pada setiap satuan pemetaan lahan terbangun.

Hasil dari interpretasi hibrida perlu dilakukan validasi untuk mengetahui keakuratan interpretasi. Data yang digunakan untuk validasi adalah citra Ikonos. Validasi dilakukan dengan menggunakan metode BCR (*Building Coverage Ratio*) yang kemudian diklasifikasikan berdasarkan klasifikasi kepadatan bangunan menurut Suharyadi (2004) dengan modifikasi pada Tabel 2. Formula kepadatan dapat dilihat sebagai berikut:

$$BCR = \frac{\text{Jumlah luas tutupan atap satuan pemetaan}}{\text{Luas satuan pemetaan (bloks bangunan)}} \dots \text{Persamaan (2)}$$

Tabel 2. Klasifikasi Kepadatan Bangunan

No	Kelas Kepadatan	Nilai Kepadatan	Keterangan
1	I	>70%	Padat
2	II	10% – 70%	Jarang
3	III	<10%	Bukan Bangunan

Sumber: Suharyadi (2004) dengan modifikasi

Peta kepadatan hasil BCR kemudian dilakukan cek lapangan untuk uji akurasi datanya. Apabila nilai ketelitian pemetaan lebih besar dari 95% maka derajat kepercayaan dikatakan baik dan dapat digunakan untuk uji akurasi peta kepadatan bangunan hasil interpretasi hibrida, sedangkan jika nilai ketelitian kurang dari 95% maka perlu diuji kembali teknik ekstraksi kepadatan bangunan yang digunakan (Suharyadi, 2010). Peta kepadatan bangunan BCR yang telah diuji keakuratannya kemudian digunakan sebagai peta kepadatan bangunan rujukan. Peta rujukan digunakan untuk uji akurasi peta kepadatan bangunan hasil interpretasi hibrida.

Analisis dilakukan untuk kepadatan bangunan dan pola kepadatan bangunan. Analisis untuk kepadatan bangunan dilakukan secara spasial dengan melihat peta kepadatan dan berdasarkan nilai tingkat kepadatan bangunannya atau secara kuantitatif. Analisis untuk pola kepadatan dilakukan dengan melihat persebaran tingkat kepadatan bangunan hasil interpretasi hibrida.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Interpretasi hibrida dilakukan dengan menggabungkan interpretasi visual dan digital. Delineasi satuan pemetaan dilakukan pada citra Landsat-8 komposit 567. Penggunaan dari komposit tersebut berfungsi untuk menonjolkan kenampakan objek, sehingga mudah untuk dibedakan. Delineasi dilakukan dengan cara *digitasi on screen* menggunakan bantuan unsur interpretasi. Interpretasi digital dilakukan dengan transformasi *urban index* untuk menonjolkan objek lahan terbangun. Hasil dari kedua interpretasi kemudian ditumpangsusunkan dan dihitung nilai tiap piksel transformasi *urban index* dan saluran inframerah dekat di setiap blok. Nilai setiap blok kemudian dirata-rata sehingga menghasilkan nilai rata-rata kepadatan di setiap poligon blok.

Interpretasi hibrida menghasilkan kelas kepadatan tinggi dan rendah, sedangkan kelas kepadatan sedang tidak teridentifikasi. Hal ini dapat dimungkinkan karena kesalahan sensor dalam menangkap pantulan spektral objek sehingga kelas kepadatan sedang dalam transformasi ui dan band 5 teridentifikasi sebagai kelas kepadatan tinggi. Kelas sedang bercampur dengan lahan kosong, dimana lahan kosong dalam transformasi atau saluran inframerah dekat teridentifikasi sebagai lahan terbangun. Selain itu dapat disebabkan kesalahan dalam interpretasi karena interpretasi citra Landsat dilakukan mengikuti bentuk piksel yakni kotak, sedangkan bentuk dari lahan terbangun sendiri tidak kotak-kotak, oleh karenanya objek selain lahan terbangun dapat teridentifikasi dalam blok lahan terbangun. Terlebih piksel dari citra Landsat mencakup 30x30 meter di lapangan sehingga dimungkinkan dalam satu piksel tercakup objek-objek lain selain lahan terbangun. Peta kepadatan bangunan disajikan menggunakan warna gradasi karena menunjukkan tingkatan.

Kepadatan tinggi ditunjukkan dengan warna gelap. Kepadatan ini terkonsentrasi dibagian utara dan disepanjang jalan utama seperti Kecamatan Semarang Timur, Semarang Barat, Semarang Tengah, Semarang Utara, dan sebagainya. Kecamatan tersebut termasuk ke dalam Semarang Bawah. Hal ini dikarenakan wilayah tersebut memiliki aksesibilitas yang baik dan topografi yang cenderung datar hingga landai. Keadaan topografi sangat berpengaruh di

Kota Semarang karena lahan terbangun lebih banyak terdapat di topografi datar. Selain itu, pembangunan jalan juga lebih banyak terjadi di daerah dengan topografi datar. Semakin banyak jalan maka aksesibilitasnya pun semakin baik dan memicu semakin tingginya lahan terbangun. Luas kepadatan tinggi sebesar 11.935 Ha.

Kepadatan rendah terletak di daerah perdesaan dengan topografi yang cenderung bergelombang hingga berbukit. Daerah dengan topografi seperti itu biasanya dimanfaatkan untuk perkebunan karena pada topografi seperti ini aksesibilitasnya menjadi lebih sulit. Kelas kepadatan rendah merupakan kelas yang tidak hanya berisi bangunan saja seperti kelas kepadatan tinggi, namun dalam pendelineasiannya terdapat juga vegetasi. Percampuran lahan terbangun dan vegetasi mengakibatkan saat perhitungan nilai rata-rata blok bangunan juga terdapat nilai dari vegetasi dan nilai rata-ratanya pun menjadi rendah. Nilai tersebut apabila dicocokkan dalam kunci interpretasi maka tergolong dalam kelas kepadatan rendah. Kelas kepadatan ini sebagian besar berada di Semarang Atas yakni seperti Kecamatan Gunung Pati, Banyumanik, Mijen,

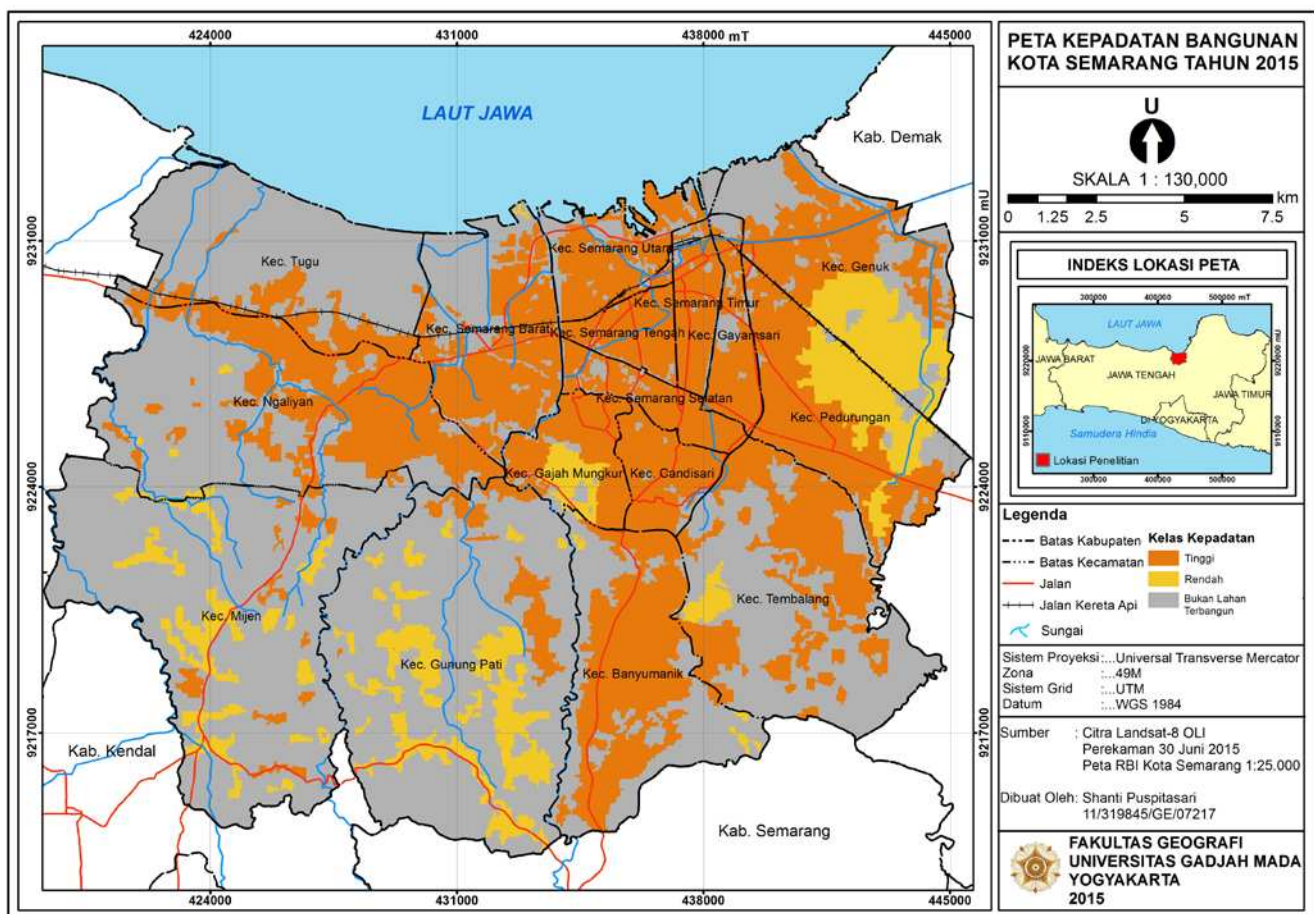
dan sebagainya. Luas dari kepadatan ini sebesar 5.761,10 Ha.

Bukan lahan terbangun memiliki luas lebih dari setengah luas total wilayah yakni 21.103,84 Ha. Persebaran bukan lahan terbangun berada di pinggiran-pinggiran kota. Sebagian besar bukan lahan terbangun berada di bagian barat-daya hingga ke utara seperti Kecamatan Mijen, Ngaliyan, Tugu, Gunung Pati, dan Banyumanik yang memiliki topografi bergelombang hingga berbukit. Tabel luas kepadatan ditunjukkan Tabel 3 dan peta kepadatan bangunan hasil interpretasi hibrida ditunjukkan Gambar 1.

Tabel 3. Luas Kepadatan Bangunan Hasil Interpretasi Hibrida

No	Kelas Kepadatan Bangunan	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Tinggi	11935,00	30,76
2	Rendah	5761,10	14,85
3	Bukan Lahan Terbangun	21103,84	54,39
Jumlah		38799,95	100,00

Sumber: Pengolahan Data, 2016



Gambar 1. Peta Kepadatan Bangunan Hasil Interpretasi Hibrida

Penggunaan citra resolusi tinggi berperan dalam memperoleh informasi lahan terbangun dan bukan lahan terbangun untuk dijadikan peta kepadatan bangunan rujukan. Interpretasi kepadatan bangunan menggunakan citra resolusi tinggi agar diperoleh peta kepadatan bangunan yang sama dengan kondisi lapangan. Interpretasi untuk memperoleh informasi tersebut dilakukan secara visual dengan cara *digitasi on screen*. Digitasi dilakukan untuk membuat hasil delineasi dari citra Landsat yang sebelumnya berbentuk kotak-kotak menjadi bentuk sesuai dengan keadaan lapangan. Digitasi tetap dilakukan dengan cara mendelineasi daerah sesuai bloknya dengan batas jalan atau sungai dan menggunakan beberapa unsur interpretasi seperti bentuk, warna, asosiasi, tekstur, dan pola. Interpretasi dengan citra Ikonos untuk memperoleh nilai kepadatan bangunan dilakukan menggunakan metode BCR (*Building Coverage Ratio*).

Hasil dari nilai kepadatan bangunan metode BCR sangat berpengaruh untuk menguji tingkat kepadatan dari interpretasi hibrida sehingga perlu diketahui tingkat ketelitian pemetaannya atau dilakukan uji akurasi. Tingkat ketelitian pemetaan dari metode BCR dengan cek lapangan sebesar 95,15%. Nilai tersebut melebihi nilai minimal uji akurasi agar peta dapat digunakan sebagai peta kepadatan rujukan. Oleh karenanya, dapat dikatakan bahwa citra Ikonos baik digunakan dalam penyadapan data kepadatan bangunan menggunakan metode BCR dan dapat digunakan dalam analisis selanjutnya. Peta hasil metode BCR juga dapat digunakan sebagai peta kepadatan bangunan rujukan untuk validasi interpretasi hibrida.

Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil interpretasi hibrida. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil interpretasi hibrida dengan peta kepadatan bangunan rujukan metode BCR yang telah dicek lapangan. Hasil uji akurasi interpretasi hibrida dengan peta rujukan sangat mempengaruhi derajat kepercayaan untuk data yang digunakan karena hasil interpretasi nantinya digunakan untuk analisis lebih lanjut. Nilai dari uji akurasi berupa persentase, sehingga semakin tinggi angka persentasenya maka semakin tinggi pula tingkat keakuratannya.

Uji akurasi dilakukan dengan membandingkan secara spasial peta kepadatan

bangunan interpretasi hibrida dengan peta kepadatan bangunan rujukan. Teknik uji akurasi dilakukan dengan cara menumpangsusunkan kedua peta tersebut. Interpretasi citra Landsat-8 OLI dan interpretasi citra Ikonos ditumpangsusunkan sehingga diketahui perbedaan area digitasi dari kedua citra tersebut. Semakin banyak area yang bertampalan maka semakin banyak pula area yang terkelaskan dengan benar sehingga nilai akurasi dari interpretasi hibrida semakin tinggi. Pengujian akurasi tidak hanya dilakukan pada beberapa wilayah saja, namun dilakukan untuk seluruh wilayah di peta kepadatan. Uji akurasi dilakukan menggunakan tabel matiks kesalahan atau *confusion matrix*.

Hasil uji akurasi interpretasi hibrida untuk kepadatan bangunan memiliki nilai akurasi keseluruhan cukup baik yakni 87,81%. Nilai tersebut menandakan 87,81% kondisi di lapangan telah sesuai digambarkan oleh peta kepadatan bangunan interpretasi hibrida. Anderson dkk (1976) dan Campbell (2002) menyatakan bahwa nilai akurasi minimal untuk pemetaan penutup/penggunaan lahan yang menggunakan penginderaan jauh sebesar 85%. Oleh karenanya, hasil uji akurasi interpretasi hibrida dapat dikatakan layak dan dapat diterima untuk memetakan kepadatan bangunan.

Nilai akurasi hibrida tersebut tidak kalah baiknya dengan hasil akurasi studi perkotaan menggunakan interpretasi visual atau digital. Nurcahyani (2005) menggunakan interpretasi digital berupa transformasi *urban index* untuk pemantauan pemekaran fisik Kota Yogyakarta dan menghasilkan akurasi sebesar 86,32%. Suharyadi (2010) dan Nugraha (2014) menggunakan interpretasi hibrida untuk mengetahui kepadatan bangunan di kota dan menghasilkan akurasi sebesar 84,31% dan 84,86%. Selain itu, data dalam interpretasi ini yang berupa citra Landsat-8 tidak kalah baiknya dengan citra resolusi tinggi maupun menengaj lainnya. Hal ini dibuktikan oleh Zhou dkk (2014) yang menggunakan citra Landsat OLI untuk pemetaan lahan terbangun dan bukan lahan terbangun dan menghasilkan akurasi sebesar 90,8% menggunakan indeks BBI_{OLI} .

Perhitungan akurasi dapat berbeda untuk sudut pandang pembuat peta (*producer*) dengan pengguna peta (*user*). Akurasi pembuat atau *producer's accuracy* merupakan akurasi yang

menggambarkan ketelitian dari interpretasi hibrida terhadap kategori sebenarnya di lapangan dimana kategori di lapangan diwakili oleh peta kepadatan bangunan rujukan. Akurasi dari sudut pandang pembuat untuk kepadatan tinggi sebesar 93,78%, kepadatan rendah 55,78%, dan bukan bangunan 92,94%. Akurasi pengguna (*user's accuracy*) merupakan akurasi yang menggambarkan ketelitian hasil interpretasi

hibrida terhadap seluruh kategori yang dikenali pada citra Landsat OLI. Akurasi dari sudut pandang pengguna untuk kepadatan tinggi sebesar 79,48%, kepadatan rendah 84,83%, dan bukan bangunan 93,86%. Nilai akurasi tersebut membuktikan bahwa interpretasi hibrida tidak kalah baiknya dengan interpretasi visual mapun digital. Tabel uji akurasi secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Uji Akurasi Interpretasi Hibrida untuk Kepadatan Bangunan

No	Interpretasi Hibrida	Citra Resolusi Tinggi			Total	User Accuracy (%)	Komisi (%)
		Tinggi	Rendah	Bukan Bangunan			
1	Tinggi	11130,95	1894,18	980,06	14005,19	79,48	20,52
2	Rendah	36,53	3138,13	524,82	3699,48	84,83	15,17
3	Bukan Bangunan	701,86	593,83	19799,59	21095,28	93,86	6,14
Total		11869,33	5626,14	21304,47	38799,95	87,81	
Producer Accuracy (%)		93,78	55,78	92,94	Overall Accuracy (%)		
Omissi (%)		6,22	44,22	7,06			

Sumber: Pengolahan Data, 2016

Pola kepadatan bangunan dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kuantitatif dilakukan berdasarkan analisis spasial statistik metode *High/Low Clustering* dan *Spatial Autocorrelation Morran's I*. Dilihat dari peta, penggunaan lahan di Kota Semarang sebagian besar masih berupa bukan lahan terbangun. Keberadaan lahan bukan bangunan apabila dianalisis berdasarkan *spatial statistic* menghasilkan pola acak (*random*). Pola acak tersebut dibuktikan dengan melihat peta kepadatan bangunan dimana bukan lahan terbangun tersebar hampir di setiap kecamatan. Mayoritas keberadaan bukan lahan terbangun berada di bagian selatan hingga di bagian barat yang memiliki topografi bergelombang hingga berbukit.

Kelas kepadatan lahan terbangun yang paling mendominasi adalah kelas kepadatan tinggi. Kelas kepadatan tinggi dipengaruhi oleh pantulan dari atap bangunan yang sebagian besar berupa atap dari tanah liat sehingga pantulan dalam transformasi *urban index* menjadi sangat tinggi. Hasil analisis kelas kepadatan tinggi berdasarkan *spatial statistic* menunjukkan pola *random*. Pola acak tersebut dikarenakan kelas kepadatan tinggi ini berada hampir di setiap

kecamatan meskipun dengan luasan yang berbeda. Kelas ini mendominasi bagian utara kota seperti Kecamatan Semarang Utara, Semarang Tengah, Semarang Barat, Semarang Timur, Semarang Selatan, Gayamsari, Candisari, sebagian Gajah Mungkur. Kecamatan-kecamatan tersebut memiliki aksesibilitas yang sangat baik dibandingkan dengan kecamatan lain dan memiliki topografi yang datar. Sebagian kecil kelas kepadatan ini berada di Kecamatan Mijen dan Gunung Pati. Secara keseluruhan dapat dilihat pada peta kepadatan bangunan interpretasi hibrida bahwa kepadatan tinggi mendominasi bagian pusat kota dan semakin ke pinggir kepadatan tinggi semakin menyempit di sepanjang jalan utama karena pengaruh dari fungsi kekotaan juga semakin menurun.

Kepadatan rendah memiliki pola yang acak dan berada di daerah perdesaan. Daerah perdesaan sendiri memiliki jarak antar permukiman saling berjauhan dan masih banyak terdapat vegetasi diantara bangunan sehingga pada daerah ini polanya acak (*random*). Kepadatan rendah tersebar di Kecamatan Gunung Pati, Mijen, Pedurungan, Genuk, sebagian kecil Gajah Mungkur, dan Tembalang. Dominasi tertinggi kepadatan rendah berada

bagian barat-daya yakni di Kecamatan Gunung Pati dan Mijen yang memiliki topografi berbukit dengan kemiringan lereng bagian atas termasuk kelas III dan kelas IV untuk Gunung Pati.

Pola kepadatan bangunan hasil interpretasi hibrida secara garis besar dipengaruhi oleh topografi yang ada di Kota Semarang karena topografi di Kota Semarang sangat bervariasi. Lahan terbangun paling banyak terdapat di daerah dengan topografi yang datar hingga landai yakni di pusat kota yang disebut juga Semarang bawah. Kepadatan bangunan di pusat kota yang tinggi juga dipengaruhi oleh semakin banyaknya jaringan jalan karena jalan juga cenderung lebih memilih daerah dengan topografi yang datar. Semakin banyak jaringan jalan maka perkembangan dari wilayah tersebut juga semakin intensif karena aksesibilitas yang mudah.

Pola kepadatan semakin menjauhi kota semakin mengikuti jaringan jalan utama. Kepadatan rendah memiliki pola acak di bagian barat daya dan timur, kepadatan ini menunjukkan wilayah yang memiliki karakteristik perdesaan dan bertopografi bergelombang hingga berbukit. Daerah yang bertopografi berbukit berada di sekitar Semarang Atas dengan dominasi penutup lahannya berupa vegetasi. Topografi dan keberadaan jalan menjadi unsur utama yang menyebabkan kepadatan suatu wilayah menjadi tinggi. Oleh sebab itu, kepadatan menjadi semakin tinggi apabila topografinya datar dan jaringan jalannya semakin banyak serta sebaliknya menjadi semakin rendah kepadatan bangunan apabila topografinya berbukit dan jaringan jalannya semakin sedikit.

KESIMPULAN

Interpretasi hibrida dapat digunakan untuk memetakan kepadatan bangunan di Kota Semarang. Interpretasi visual dilakukan dengan menginterpretasi satuan pemetaan berupa objek lahan terbangun pada citra komposit dan interpretasi digital dilakukan untuk identifikasi kepadatan bangunan. Hasil dari interpretasi hibrida ini perlu diuji akurasi dimana akurasi pemetaan kepadatan bangunan Kota Semarang tahun 2015 menggunakan teknik interpretasi hibrida menghasilkan nilai sebesar 87,81%. Nilai tersebut melebihi nilai minimal yang ditetapkan oleh Anderson dkk (1976) dan Campbell (2002)

sebesar 85%. Oleh karenanya, interpretasi hibrida dapat dikatakan memiliki akurasi yang baik dan dapat diterima serta layak digunakan untuk memetakan kepadatan bangunan.

Hasil dari interpretasi hibrida yang berupa peta kepadatan selanjutnya dianalisis pola kepadatannya. Pola kepadatan bangunan hasil interpretasi hibrida dipengaruhi oleh topografi dan aksesibilitas wilayahnya. Lahan terbangun paling banyak terdapat di topografi yang datar hingga landai dan memiliki jaringan jalan yang banyak. Pola kepadatan keseluruhan bersifat acak karena setiap kelas kepadatan bangunan hampir berada di setiap kecamatan. Topografi dan keberadaan jalan menjadi unsur utama yang menyebabkan kepadatan suatu wilayah menjadi tinggi. Oleh sebab itu, kepadatan menjadi semakin tinggi apabila topografinya datar dan jaringan jalan semakin banyak serta sebaliknya semakin rendah kepadatannya apabila topografinya berbukit dan jaringan jalannya semakin sedikit.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J.R., E. E. Hardy, J.T. Roach., R.E. Wiltner (1967). A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data. Washington, DC: U.S Geological Survey Professional Paper 964.
- BPS Kota Semarang (2014). Kota Semarang dalam Angka Tahun 2014. Kota Semarang: Badan Pusat Statistik Kota Semarang.
- Campbell, James B (2002). Introduction to Remote Sensing Third edition. New York: The Gilford Press.
- Nugraha, Vembri S. 2014. Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh untuk Monitoring Densifikasi Bangunan di Daerah Perkotaan Magelang. *Skripsi*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Nurchayani, Fitri. 2005. Aplikasi Transformasi Spektral Urban Index untuk Pemantauan Pemekaran Fisik Kota Yogyakarta. *Skripsi*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Pranoto, Alfatana B (2007). *Hubungan Kepadatan Permukiman dengan Ketersediaan Infrastruktur*. Tesis.

Semarang: Pasca Sarjana Universitas
Diponegoro.

Suharyadi (2000). *Transformasi Spektral Data Digital Landsat TM untuk Pemetaan Kepadatan Bangunan di Daerah Perkotaan Yogyakarta*. Yogyakarta: Lembaga Penelitian UGM.

Suharyadi (2010). *Interpretasi Hibrida Citra Satelit Resolusi Spasial Menengah untuk Kajian Densifikasi Bangunan Daerah Perkotaan (Kasus Daerah Perkotaan Yogyakarta)*. Disertasi. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.

Suharyadi (2012). Handout Mata Kuliah Penginderaan Jauh Dasar: Bahan Ajar. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.

Sutanto (1986). *Penginderaan Jauh Jilid 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Zhou, Y., Yang, G., Wang, S., Wang, L., Wang, F., and Liu, X. 2014. A New Index for Mapping Built-up and Bare Land Areas from Landsat-8 OLI Data. *Remote Sensing Letters*, 5(10), hal. 862-871.