

# Interpretasi Hibrida Untuk Identifikasi Perubahan Lahan Terbangun dan Kepadatan Bangunan Berdasarkan Citra Landsat 5 TM dan Sentinel 2A MSI (Kasus: Kota Salatiga)

Anggito Venuary S  
anggitovenuary@outlook.com

R. Suharyadi  
suharyadir@ugm.ac.id

## Abstract

*The development of remote sensing with the launch of Sentinel 2A MSI imagery and Landsat 5 TM imagery became one of the tools used to identify land use changes. This research was conducted to know transformation built-up area and density building using 2 images with different sensors in Salatiga City. The method used to hybrids interpretation, overlays and wind rose with table confusion matrix for sample accuracy test. The results obtained by comparison of the results of 2 images with different sensors using hybrid interpretation method. Indicated transformation from density and densification of buildings in Salatiga City and transformation built-up area in Kota Salatiga years 2009-2016.*

*Key words: remote sensing, hybrid interpretation, urban indeks value and built-up area*

## Abstrak

Perkembangan penginderaan jauh dengan diluncurkannya Sentinel 2A MSI dan citra Landsat 5 TM menjadi salah satu alat yang digunakan untuk identifikasi perubahan lahan terutama perkotaan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan lahan terbangun dan kepadatan bangunan dengan menggunakan 2 citra dengan sensor yang berbeda di Kota Salatiga. Metode yang digunakan berupa teknik interpretasi hibrida, *overlay* dan *wind rose* dengan pengujian akurasi sampel memanfaatkan *confusion matrix*. Hasil yang didapatkan berupa perbandingan hasil 2 citra dengan sensor yang berbeda menggunakan metode interpretasi hibrida, kondisi indikasi kepadatan dan densifikasi bangunan di Kota Salatiga serta perubahan lahan terbangun di Kota Salatiga tahun 2009-2016.

Kaca Kunci: penginderaan jauh, interpretasi hibrida, nilai urban indeks dan lahan terbangun

## PENDAHULUAN

Dewasa ini penginderaan jauh mengalami perkembangan yang cukup masif dengan diluncurkan citra Sentinel 2A MSI dengan sistem sensor yang baru melengkapi citra yang terdahulu dalam program Landsat. Penginderaan jauh adalah ilmu untuk memperoleh informasi objek, gejala atau wilayah dengan melakukan analisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung dengan objek, gejala atau wilayah yang dikaji (Lillesand et al, 2008). Perubahan penggunaan lahan yang dinamis di perkotaan menyebabkan diperlukan informasi yang terbaru. Memanfaatkan 2 citra yang berbeda yaitu ini citra Landsat 5 TM dan Sentinel 2A MSI

diharapkan dapat mengetahui perubahan dinamis perkotaan. Citra Sentinel-2A MSI memiliki saluran dengan resolusi spasial 20 dan 10 meter dan sangat mendukung dalam pemetaan daerah perkotaan dan bencana (ESA, 2015), sedangkan citra Landsat 5 TM memiliki 7 saluran spektral dengan resolusi spasial 30 meter untuk *non* termal dan 120 meter pada saluran termal dengan luas liputan wilayah 185 x 185 km<sup>2</sup> dengan resolusi radiometrik 8 bit (USGS, 2016).

Kota Salatiga secara administratif dikelilingi wilayah Kabupaten Semarang yang dibagi menjadi 4 kecamatan dan 23 kelurahan, terletak pada 007°17' - 007°17'.23" Lintang Selatan dan 110°27'.56,81" - 110°32'.4,64" Bujur

Timur. Kota Salatiga memiliki penggunaan lahan sebesar 3160,615 hektar (ha) untuk lahan terbangun sedangkan 2517,495 ha berupa lahan tidak terbangun, apabila di persentase maka lahan terbangun di Kota Salatiga sebesar 55,67% sedangkan lahan tidak terbangun sebesar 44,33%. Kota Salatiga cenderung memiliki morfologi dengan lebih dari 25% dengan ketinggian 450-825 mdpl (BPS, 2017).

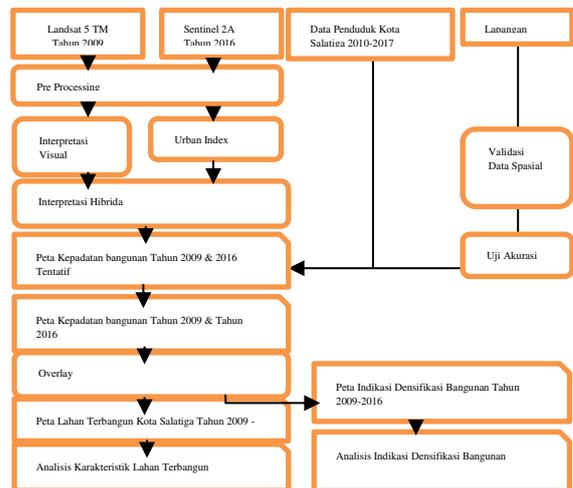
Permasalahan yang terjadi di Kota Salatiga diakibatkan oleh pertumbuhan penduduk yang semakin tinggi yang menyebabkan terjadi perubahan penggunaan lahan secara dinamis dan cepat. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi menyebabkan indikasi terjadi kepadatan bangunan yang semakin meningkat. Diikuti juga dengan pertumbuhan penduduk sebesar 8,77 % (BPS, 2017) dan alih fungsi lahan pada tahun 2014 adanya tidak kesesuaian peruntukan sebesar 38,35% (Tusianto, 2015).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan teknik inetrpretasi hibrida dengan lapangan yang digunakan untuk mengetahui akurasi ketelitian yang dihasilkan untuk mendapatkan perubahan kepadatan bangunan dan lahan terbangun di Kota Salatiga. Metode yang digunakan terbagi menjadi 3 tahapan secara garis besar (Gambar.1) yaitu pra lapangan, lapangan dan pasca lapangan. Pra lapangan dilakukan pemrosesan citra yang digunakan, dalam hal ini citra Landsat 5 TM dan Sentinel 2A MSI dilakukan koreksi mencapai tingkat koreksi 1C. Pemilihan sampel yang menggunakan *stratified random sampling* jugadilakukan dalam tahap ini. Penggunaan data sekunder berupa kepadatan penduduk yang berkaitan dengan Kota Salatiga.

Tahap lapangan dilaksanakan dengan melakukan survei di Kota Salatiga sesuai titik sampel yang dipilih dengan menggunakan tabel *confusion matrix*, wawancara penduduk sekitar dan foto *geotagging*. Tahap terakhir adalah pasca lapangan dengan melakukan validasi sampel dengan proses yang dilakukan pra lapangan untuk mengetahui akurasi data yang digunakan. Analisis dan pemrosesan akhir dilakukan di tahap ini, untuk mendapatkan peta penggunaan lahan tahun 2009 dan 2016, peta kepadatan bangunan tahun 2009 dan 2016, peta perubahan kepadatan bangunan tahun 2009-2016, peta lahan terbangun tahun 2009-2016.

Data yang digunakan dalam penelitian adalah: (1) citra digital Landsat 5 TM tahun 2009 daerah liputan Kota Salatiga (2) citra digital Sentinel 2A MSI tahun 2016 daerah liputan Kota Salatiga, (3) Kota Salatiga dalam Angka Tahun 2010-2017, (4) Shapefile Batas Administratif Salatiga. Software yang digunakan adalah Arcgis 10.5 dan Envi 5.0.



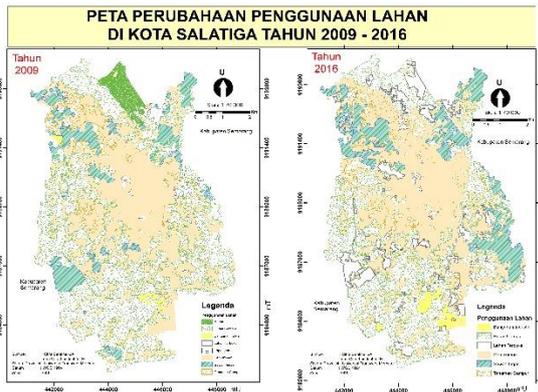
Gambar. 1. Diagram Kerja Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi penggunaan lahan pada citra Landsat 5 TM dengan memanfaatkan *true color composit* dan *false color composit*. Hasil yang di dapatkan berupa 8 penggunaan lahan yang terdiri dari hutan, hutan campuran, lahan terbuka, lapangan, pemukiman, sawah irigasi, dan tanaman campuran. Hutan campuran dan pemukiman menjadi penggunaan lahan yang paling tinggi kecenderungan memiliki luas 2382,35 ha. Pengaruhi topografi di Kota Salatiga yang cenderung berbukit menyebabkan banyaknya hutan campuran yang dan cedernung lahan terbangun belum menyebar sampai daerah sub urban. Pemukiman yang memiliki luas terbesar kedua sebesar 2188,78 ha cenderung lebih memusat di daerah CBD yang makin meluas dan menyebar mencapai perbatasan Kabupaten Semarang.

Sentinel 2A MSI memiliki hasil identifikasi penggunaan lahan yang lebih detail. Kenampakan yang diperlihatkan pada citra mudah diidentifikasi menggunakan *true color composit* dan *false color composit*. Kenampakan pemukiman lebih jelas terlihat dan penggunaan lahan lainnya dibandingkan dengan Landsat 5 TM. Akan tetapi hasil dari Landsat 5 TM menjadi acuan dalam mengidentifikasi

penggunaan lahan yang terlihat di citra Sentinel 2A MSI. Penggunaan lahan yang paling mendominasi adalah pemukiman dengan luas 2150,25 ha dan luas kedua terbesar masih hutan campur sebesar 1953,48 ha. Perbedaan luas pemukiman yang cenderung menurun disebabkan oleh sistem sensor yang berbeda terutama sistem resolusi spasial. Perbedaan tersebut menyebabkan adanya gap yang perlu dilakukan penghalusan dengan acuan Sentinel 2A MSI untuk mengurangi terjadi kesalahan.



Gambar. 2. Peta Perubahan Penggunaan Lahan tahun 2009 dan 2016 Kota Salatiga

Gambar 2 memperlihatkan peningkatan dalam perubahan penggunaan lahan. Pembangunan Jalan Lingkar Salatiga dan Jalan Tol Bawen-Salatiga menjadi salah satu tolak ukur. Pada tahun 2009 Jalan Lingkar Salatiga dan Jalan Tol Bawen Salatiga belum bisa diakses sepenuhnya dan pada tahun 2016 sudah bisa diakses secara penuh. Kota Salatiga telah memperlihatkan bahwa akan banyak alih fungsi lahan yang disebabkan oleh pembangunan jalan akan terjadi terutama di jalan lingkar Salatiga

Hasil dari penggunaan lahan kemudian dilakukan generalisasi menjadi lahan terbangun dan lahan tidak terbangun sesuai dengan Tabel 1, yang digunakan untuk pembatasan hasil interpretasi digital yang nanti akan digunakan.

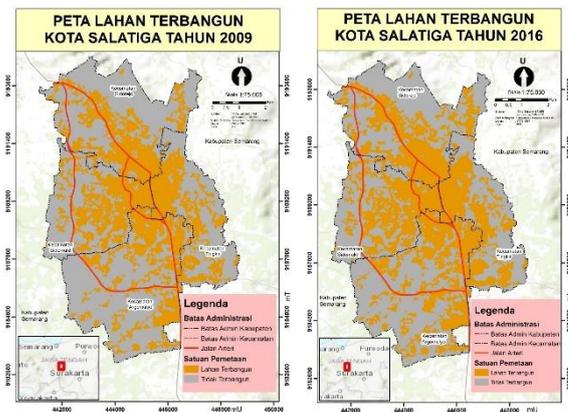
Tabel 1. Klasifikasi Penutup Lahan

No.	Penutup Lahan	Keterangan
1.	Bangunan	Pemukiman, Lahan Perkantoran, Lahan Industri, Lahan Pendidikan, Terminal dan Stasiun Kereta Api
2.	Non Bangunan	Taman Kota, Lapangan Olahraga, Sawah, Tegalan, Kebun Campur

Sumber : Suharyadi (2011)

Lahan terbangun di Kota Salatiga mengalami kenaikan yang cukup signifikan pada tahun 2016 yang awalnya memiliki luas 2230,75 ha menjadi sebesar 2263,51 ha naik sebesar 30,24 ha. Penurunan terjadi di lahan tidak terbangun yang pada awalnya sebesar 3348,95 ha terjadi penurunan di tahun 2016 menjadi 3316,26 ha. Terjadi kenaikan lahan terbangun dianggap wajar dikarenakan beberapa faktor yang mempengaruhi baik itu kebutuhan tempat tinggal bagi masyarakat, pembangunan aksesibilitas dan fasilitas oleh pemerintah dan lainnya dan itu masih sekedar indikasi perlu adanya kajian lebih lanjut.

Pembangunan jalan sangat mempengaruhi dalam hal persebaran pembangunan di Kota Salatiga yang akan pemeratakan di beberapa bagian sub-urban Kota Salatiga seperti pada Gambar 3.

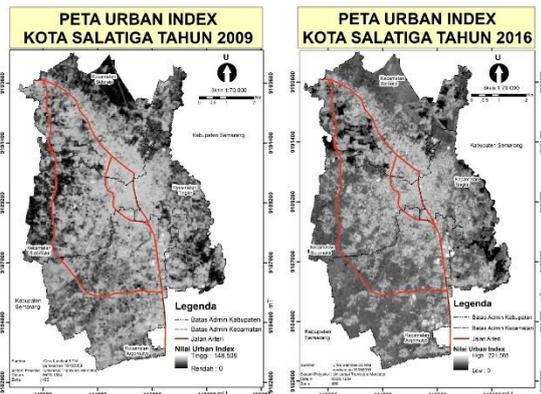


Gambar 3. Peta Lahan Terbangun Tahun 2009-2016 di Kota Salatiga

Lahan terbangun menjadi pembatas dalam identifikasi kepadatan bangunan di Kota Salatiga. Nilai *urban index* kemudian di klasifikasi yang menjadi acuan perubahan kepadatan bangunan di Kota Salatiga dalam kurun waktu 2009-2016. Pada citra Landsat 5 TM diperlihatkan bahwa kenampakan lahan terbangun cenderung lebih cerah dan sangat sulit untuk membedakan antara nilai pixel yang tinggi dan nilai pixel yang cenderung sedang.

Citra Sentinel 2A MSI memperlihatkan kenampakan lahan terbangun dengan nilai pixel tinggi lebih terlihat jelas. Hal ini diperlukan penghalusan citra dengan *base* yang digunakan dalam citra Sentinel 2A MSI. Kecenderungan kepadatan bangunan yang lebih tinggi diperlihatkan pada citra Sentinel 2A MSI dengan nilai maksimal sebesar 221,58 sedangkan pada citra Landsat 5 TM nilai index tertinggi hanya 148,5. Hal ini memperlihatkan bahwa terjadi

peningkatan kepadatan bangunan yang terjadi di Kota Salatiga seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta nilai *urban index* tahun 2009 dan tahun 2016

Klasifikasi nilai *urban indeks* perlu dilakukan untuk mengidentifikasi kepadatan bangunan yang terjadi di Kota Salatiga. Klasifikasi yang digunakan mengadopsi dari Suharyadi, seperti yang ada pada Tabel 2 berikut:

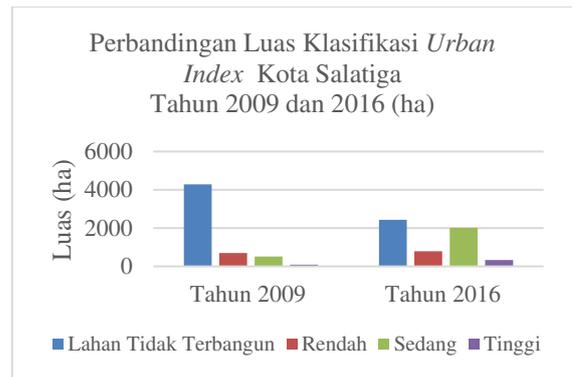
Tabel 2. Kunci Interpretasi Kepadatan Bangunan

No.	Kepadatan	Kunci Interpretasi
1	Rendah	$r UI < 65$
2	Sedang	$r UI 65 - 80$ dan $r B4 < 0.14$
3	Tinggi	$r UI 65 - 80$ dan $r B4 < 0.14$ ; $r UI < 80$

Sumber: Suharyadi, 2009

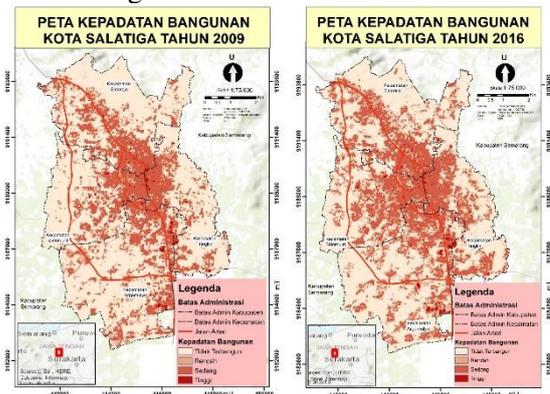
Perbandingan luas hasil klasifikasi urban indeks memperlihatkan bahwa terjadi penurunan signifikan lahan tidak terbangun. Ada kenaikan yang tinggi juga terjadi di kepadatan sedang dan kepadatan rendah yang diperlihatkan pada Gambar 5.

Identifikasi kepadatan bangunan yang terjadi di Kota Salatiga. Kepadatan bangunan terjadi persebaran ke bagian sub-urban yang mengarah ke sisi selatan dan timur Kota Salatiga. Kecenderungan peningkatan kepadatan bangunan didominasi oleh kepadatan sedang yang mengikuti perkembangan aksesibilitas dan jarak tempuh ke CBD di Kota Salatiga. Aksesibilitas menjadi faktor utama yang mempengaruhi penambahan luas di kepadatan sedang.



Gambar 5. Perbandingan Klasifikasi UI tahun 2009 dan tahun 2016

Kepadatan tinggi cenderung memiliki pola yang berbeda dari kepadatan sedang yang menyebar, kepadatan tinggi cenderung berubah secara drastis dari tidak terbangun menjadi kepadatan tinggi yang sangat dipengaruhi oleh aksesibilitas utama yaitu jalan arteri dan kolektor. Kepadatan rendah juga terjadi perubahan di sekitar sub urban yang semakin menyebar merata di sekitar kepadatan sedang. Kepadatan rendah cenderung lebih lambat dan menyebar mengikuti aksesibilitas lokal yang berkembang



Gambar 6. Peta Kepadatan Bangunan tahun 2009 dan tahun 2016

Uji akurasi dilakukan terhadap hasil interpretasi visual berupa penggunaan lahan. Tabel 3 memperlihatkan objek penggunaan lahan pada tahun 2009 memperoleh uji kesalahan omisi 28,5% adalah hutan campuran. Kesalahan interpretasi disebabkan kenampakan yang sama di citra. Kenampakan tanaman campuran yang hampir sama dengan hutan campuran yang membedakannya hanya jenis dan kerapatan vegetasi yang ada di lapangan.

Tabel 3. *Confusion Matrix* Penggunaan Lahan Tahun 2009

Lapangan	Tabel Interpretasi								Jumlah	Omisi	Komisi	KP
	B. Industri	H. Campur	Jalan	Pemukiman	Lapangan	S. Irigasi	T. Campur	Hutan				
Bangunan Industri	3								3	100	100	100
Hutan Campur		5					2		7	28,5	100	71,4
Jalan			3						3	100	100	100
Pemukiman				23	2				25	8	8	85,1
Lapangan				2	5	2	3		12	58,3	28,5	35,7
Sawah Irigasi						12			12	100	14,2	85,7
Tanaman Campur							9		9	100	35,7	64,2
Hutan								2	2			
	3	5	3	25	7	14	14	2	73			

Ketelitian Interpretasi

$$\frac{3+5+3+23+5+12+9+2}{19} \times 100\% = 84,93\%$$

$$\text{Kappa Koefisien} = \frac{0,84-0,0144}{1-0,0144} = 0,83$$

Tabel 3 memperlihatkan hasil lapangan mendapatkan omisi sebesar 58,3% disebabkan perubahan menjadi jalan dan pemukiman. Paling rendah yaitu pemukiman mendapatkan omisi 8%. Uji kesalahan komisi pemukiman memperoleh nilai 8%, tanaman campur memperoleh 35,7%, klasifikasi lapangan mendapatkan kesalahan komisi sebesar 28,5. Hasil uji akurasi yang didapatkan pada tahun 2009 menandakan bahwa hasil interpretasi yang digunakan layak dan sesuai dengan kenyataan di lapangan sebesar 84,93% dengan tingkat kesalahan sebesar 15,07%. Sedangkan nilai koefisien kappa yang dihasilkan sebesar 0,83

Tabel 4. *Confusion Matrix* Penggunaan Lahan Tahun 2016

Lapangan	Tabel Interpretasi								Jumlah	Omisi	Komisi	KP
	B. Industri	H. Campur	Jalan	Pemukiman	Lapangan	S. Irigasi	T. Campur	Hutan				
Bangunan Industri	3								3	100	100	100
Hutan Campur		8							8	100	100	100
Jalan			3						3	100	100	100
Pemukiman				24	1				25	4	7,6	88,8
Lapangan		1		2	7				10	30	12,5	70
Sawah Irigasi						13	2		15	13,3	100	86,6
Tanaman Campur							9		9	100	100	100
	3	9	3	26	8	13	11		73			

Ketelitian Interpretasi

$$\frac{3+8+3+24+7+13+9}{19} \times 100\% = 91,78\%$$

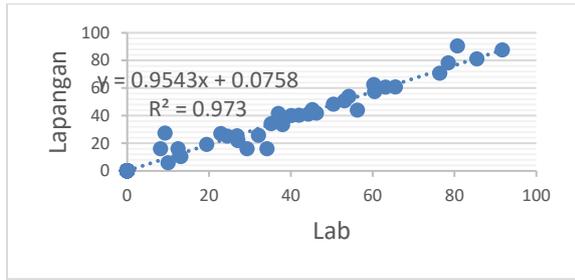
$$\text{Kappa Koefisien} = \frac{0,91-0,096}{1-0,096} = 0,90$$

Uji akurasi ketelitian penggunaan lahan tahun 2016 memperoleh hasil 94,73% dengan tingkat kesalahan sebesar 5,27% yang menandakan bahwa tingkat akurasi pada tahun 2016 lebih tinggi dibandingkan dengan hasil dari tahun 2009. Nilai koefisien kappa tahun 2016

sebesar 0,90 sesuai dengan hasil pada tabel 5.5 uji kesalahan omisi berada di pemukiman, lapangan/lahan kosong dan sawah irigasi dengan nilai 4%, 30% dan 13,3%. Kesalahan diakibatkan oleh dinamisnya perubahan lahan yang sangat cepat sehingga penggunaan lahan telah berubah di lapangan. Nilai omisi 30% menandakan bahwa 30% tidak terklasifikasi berupa lahan kosong/lapangan. Seperti pada sawah irigasi ternyata telah berubah menjadi tanaman campur, begitu pula dengan klasifikasi lainnya yang telah terjadi perubahan secara masif. Sedangkan nilai kesalahan komisi berada di klasifikasi pemukiman dan lahan kosong/lapangan sebesar 7,6% dan 12,5% seperti pada Tabel 4.

Nilai uji akurasi yang berbeda pada tahun 2009 dan 2016 dianggap masih wajar. Dikarenakan pengumpulan data lapangan pada tahun 2009 hanya menggunakan wawancara dengan warga sekitar pada lokasi sampel. Sehingga data yang didapat masih bersifat objektif dan terjadi banyak perubahan yang terjadi di lapangan. Sedangkan pada tahun 2016 terjadinya *eksisting* penggunaan lahan belum terlalu berubah sehingga bisa diketahui dengan lebih baik dikuatkan dengan wawancara warga sekitar. Nilai akurasi pada tahun 2009 sebesar 84,21% dan tahun 2016 sebesar 94,73% masih dianggap layak digunakan dan sesuai kondisi di lapangan.

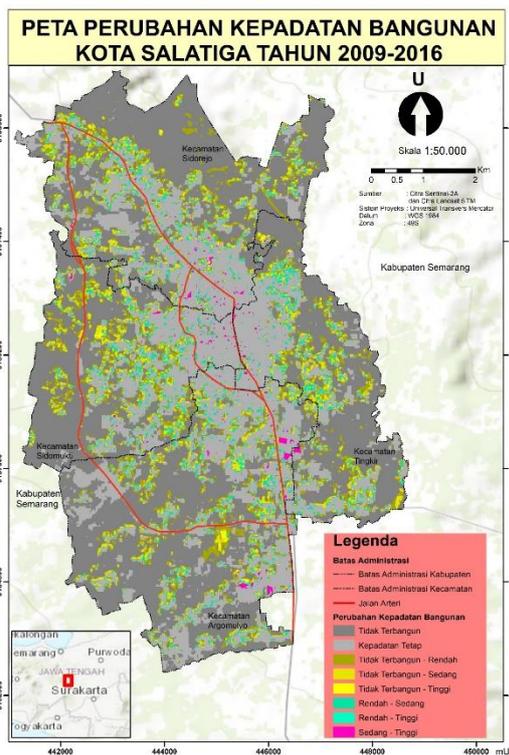
Kepadatan bangunan yang dihasilkan pada tahun 2009 dan tahun 2016 dilakukan perbandingan hubungan yang dapat diidentifikasi dari perubahan Kepadatan bangunan disesuaikan dengan titik sampel yang digunakan. Gambar 7 memperlihatkan bahwa Nilai yang didapatkan di lapangan berbanding lurus dengan nilai piksel *urban index* yang menandakan bahwa nilai yang dihasilkan hampir sama dengan keadaan di lapangan. Regresi linear menghasilkan persamaan sebesar  $y = 0,9543x + 0,0758$  dengan koefisien determinasi sebesar  $R^2 = 0,973$ . Hal ini menandakan bahwa 97,3% dari nilai piksel *urban index* memiliki kesamaan dengan nilai yang dihasilkan di lapangan berupa lahan terbangun. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai piksel *urban index* sudah bisa merepresentasikan kejadian di lapangan berupa kepadatan bangunan di Kota Salatiga.



Gambar 7. Perbandingan Hasil Urban Index Lapangan dengan Lab Tahun 2016 di Kota Salatiga

### Identifikasi Perubahan Kepadatan Bangunan dan Lahan Terbangun

Perkembangan kota Salatiga yang sangat pesat dapat diidentifikasi dengan menggunakan penginderaan jauh. Sehingga dapat diketahui perubahan yang terjadi secara spasial seperti yang terlihat pada Gambar 8. Terindikasi terjadi perubahan kepadatan yang cukup tinggi yang menyebabkan perkembangan Kota Salatiga cukup tinggi di sekitar sub-urban.



Gambar.8. Peta Perubahan Kepadatan Bangunan Kota Salatiga tahun 2009-2016

Perubahan terjadi pada daerah sub-urban yang awalnya tidak adanya bangunan berubah menjadi daerah yang terbangun. Contohnya di sub-urban Kota Salatiga yang berwarna biru yang terindikasi terjadi perubahan. Hasil

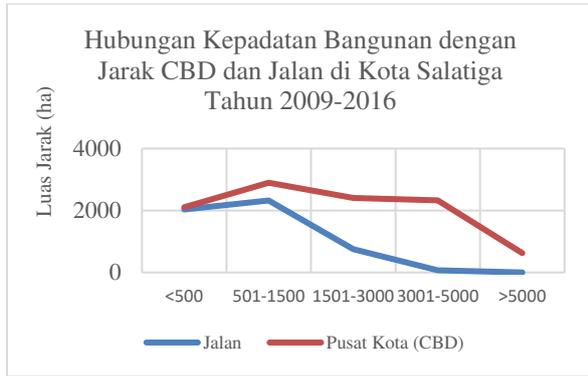
pengolahan memberikan gambaran bahwa daerah sub-urban didominasi oleh lahan tidak terbangun berubah menjadi lahan terbangun yang memiliki kepadatan rendah pada tahun 2016. Kepadatan rendah cenderung bertambah paling luas sebesar 510 ha. Perubahan lahan yang terjadi disebabkan oleh berbagai macam hal yang salah satunya adalah aksesibilitas. Aksesibilitas bertambah sehingga masyarakat semakin terdorong untuk membangun pemukiman di daerah sub-urban dan tidak terlalu dekat dengan CBD.

Tabel 5. Luas Perubahan Kepadatan Bangunan Kota Salatiga Tahun 2009-2016

No.	Perubahan Kepadatan Bangunan	Luas (ha)
1	Kepadatan Tetap	1184,58
2	Tidak Terbangun	2862,19
3	Tidak Terbangun – Kepadatan Rendah	510,89
4	Tidak Terbangun – Kepadatan Sedang	327,32
5	Tidak Terbangun – Kepadatan Tinggi	6,08
6	Kepadatan Rendah - Kepadatan Sedang	262,01
7	Kepadatan Rendah - Kepadatan Tinggi	2,38
8	Kepadatan Sedang - Kepadatan Tinggi	23,69
Jumlah		5582,36

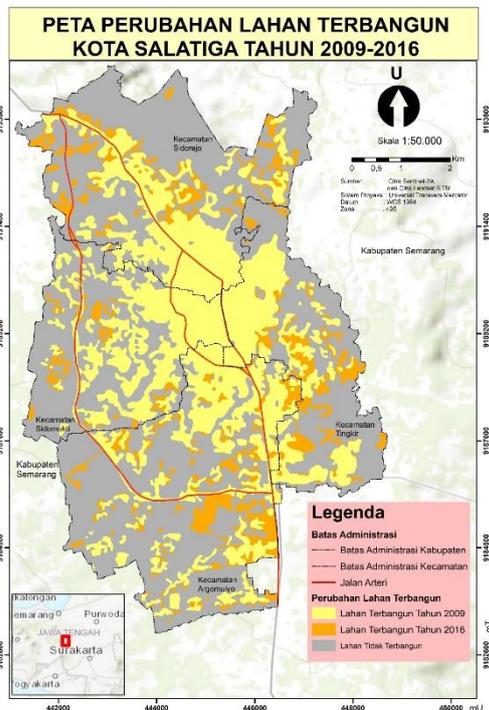
Sumber; Hasil Pengolahan (2017)

Gambar 9 memperlihatkan hubungan perubahan kepadatan bangunan dengan jalan dan pusat kota di Kota Salatiga. Jarak 501-1500 meter menjadi jarak yang paling banyak mengalami penambahan bangunan. Pusat kota yang digunakan berada di CBD Kota Salatiga. Jalan Lingkar Kota Salatiga menjadi pembeda dikarenakan pada tahun 2009 Jalan Lingkar Kota Salatiga masih belum bisa dilewati oleh kendaraan, pada tahun 2016 Jalan Lingkar Kota Salatiga sudah bisa dilewati berbagai jenis kendaraan. Perbedaan ini yang menyebabkan aksesibilitas belum sepenuhnya bisa diperbandingkan dalam 2 tahun yang berbeda dan hanya menggunakan jalan arteri dan CBD pada tahun 2016.



Gambar 9: Hubungan Kepadatan Bangunan dengan Jarak CBD dan Jalan di Kota Salatiga Tahun 2009-2016

Jalan sangat mempengaruhi kepadatan bangunan pada jarak antara 0,05-0,15 ha karena jalan arteri lebih banyak ada di daerah CBD. Di daerah sub urban Kota Salatiga hanya ada Jalan Lingkar Kota Salatiga di bagian barat dan sebagian kecil Jalan Tol Bawen-Salatiga di bagian timur yang baru selesai pada tahun 2017. Aksesibilitas dan CBD sangat mempengaruhi perubahan kepadatan bangunan yang terjadi di Kota Salatiga yang mengindikasikan terjadi densifikasi bangunan di Kota Salatiga dalam kurun waktu 2009-2016.



Gambar. 10 Peta Lahan Terbangun Kota Salatiga Tahun 2009-2016

Pertambahan pemukiman menjadi salah satu perubahan yang signifikan selain bangunan

industri yang menyebabkan adanya perubahan lahan terbangun di Kota Salatiga. Perubahan pemukiman tersebar ke beberapa kecamatan (Gambar. 10) secara merata mengindikasikan bahwa daerah sub urban sudah mulai dilirik untuk pendirian pemukiman. Terindikasi akan menyebar secara merata sesuai dengan jalur aksesibilitas yang ada di Kota Salatiga seperti halnya *spider web*. Pembangunan industri di bagian sub-urban yang menjalar di jalan lingkar Salatiga juga mengindikasikan permulaan Kota Salatiga akan mengalami *urban sprawl* yang tinggi dalam beberapa tahun ke depan didominasi oleh pemukiman dan bangunan industri.

Kecenderungan perubahan lahan terbangun yang terlihat adalah jalan lingkar Salatiga dan jalan masuk Tol Bawen-Salatiga selesai dibangun. Jalan lingkar Salatiga menjadi pemicu penambahan lahan terbangun berupa bangunan industri dan pemukiman. Jalan Lingkar Salatiga dan Jalan Tol Salatiga-Bawen nantinya akan menjadi aksesibilitas kawasan industri di Kota Salatiga dan beberapa tahun ke depan. Potensi menjadi kawasan industri masih terbuka lebar dan bisa jadi beberapa tahun ke depan Jalan Lingkar Salatiga menjadi kawasan industri yang maju akan tetapi masih diperlukan kajian lebih lanjut lagi.

Perubahan lahan terbangun juga terjadi di pintu masuk jalan tol Bawen-Salatiga yang baru diresmikan tahun 2017. Jarak yang berdekatan dengan CBD Kota Salatiga menjadi salah satu daya tarik untuk pembangunan pemukiman. Kecenderungan perubahan lahan terbangun berupa jasa dan UMKM di sekitar pintu masuk tol yang diharapkan akan menambah kesejahteraan masyarakat sekitar. Pertambahan jasa dan UMKM juga diikuti dengan pertumbuhan pemukiman di sekitarnya yang membentuk pola lurus searah aksesibilitas.

Pertambahan pemukiman yang terlihat masih cenderung sedikit dan tidak bisa dipungkiri masih banyak kemungkinan akan terjadi pertumbuhan pemukiman di tahun tahun berikutnya.. Pertumbuhan kekotaan Kota Salatiga masih akan terus berlanjut dengan pembangunan infrastruktur yang masif dan penanaman modal dalam bentuk pembangunan kawasan industri sekitar jalan lingkar Salatiga.

## KESIMPULAN

1. Kemampuan citra Landsat 5 TM dan Sentinel 2A MSI mampu memberikan hasil interpretasi hibrida yang berbeda baik dari segi spasial, radiometrik, maupun temporal dikarenakan sensor yang digunakan berbeda, perlu adanya proses tambahan akan tetapi hasil yang didapatkan tidak berbeda jauh dan masih bisa digunakan. Hasil uji akurasi tahun 2009 sebesar 84,93% sedangkan tahun 2016 sebesar 91,78%.
2. Tingkat kepadatan bangunan di Kota Salatiga cenderung mengalami peningkatan diperlihatkan dengan Kepadatan bangunan tahun 2009 sebesar 148,509 berubah menjadi 221,588 pada Tahun 2016 bertambah sebesar 73,079
3. Perubahan Kepadatan bangunan mengindikasikan terjadi perubahan kepadatan bangunan yang terjadi cenderung mengikuti Jalan Lingkar Salatiga dan Jalan Tol Bawen-Salatiga. Pada akhirnya mengindikasikan terjadi desifikasi bangunan dengan arah perubahan yang terjadi didominasi ke selatan dengan luasan  $\pm 106,87$  ha
4. Jalan Lingkar Kota Salatiga dan Jalan Tol Bawen-Salatiga menjadi indikator utama yang mengindikasikan terjadi perubahan lahan terbangun yang mengarah ke selatan dengan luas  $\pm 40,8$  ha

## SARAN

1. Perlu adanya pemrosesan yang baku dalam hal pemanfaatan citra hibrida yang memiliki sensor yang berbeda.
2. Perlu penambahan jenjang waktu pemanfaatan citra tidak hanya 2009-2016 untuk mengetahui proses perubahan Kepadatan bangunan yang terindikasi terjadi perubahan kepadatan bangunan di Kota Salatiga.
3. Terindikasi terjadi perubahan kepadatan bangunan di Kota Salatiga perlu dilakukan kajian lebih mendalam lagi dengan luas cakupan lebih kecil dengan penambahan alat berupa citra atau foto udara *high resolution*.
4. Perubahan lahan terbangun di Kota Salatiga perlu diikuti juga dengan perkembangan manajemen lingkungan perkotaan yang lebih baik oleh pemerintah bagi penduduk Kota Salatiga. .

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kota Salatiga. *Salatiga Dalam Angka Tahun 2010-2017*. Salatiga
- ESA. 2015. *Sentinel-2 User Handbook Rev.2* .  
ESA Standart Document
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., and Chipman, J. 2008. *Remote Sensing and Image Interpretation, 6<sup>th</sup> edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Tusianto, Aditya. 2015. *Skripsi: Evaluasi Kesesuaian Penggunaan Lahan Kota Salatiga Tahun 2010-2014 Teradap Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Salatiga Tahun 2010-2030*. Universitas Muhammadiyah Surakarta : Fakultas Geografi
- USGS. 2016. *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook Version 2.0*. South Dakota