

Aplikasi Teknologi Penginderaan Jauh Untuk Kajian Densifikasi Bangunan di Kota Kendari

Sani Fitriani¹⁾, Ida Usman²⁾, Sawaludin³⁾

¹⁾Program Studi Geografi Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian UHO

²⁾Jurusan Geografi Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian UHO

³⁾Jurusan Geografi Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian UHO

⁴⁾Jurusan Geografi Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian UHO

e-mail:

sanifitriani05@gmail.com¹⁾, idausman1972@gmail.com²⁾, sawaludin_spimsc@uho.ac.id³⁾

Abstrak: Pesatnya perkembangan kota berdampak pada peningkatan jumlah bangunan di Kota Kendari. Pemanfaatan informasi dari penginderaan jauh merupakan salah satu solusi untuk memantau pemadatan bangunan. Metode yang digunakan untuk identifikasi kepadatan bangunan dalam penelitian ini adalah interpretasi hibrida yakni penggabungan antara interpretasi visual dan digital (*Transformasi Urban Index*). Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) mengetahui kondisi densifikasi bangunan di Kota Kendari; (2) mengetahui kecepatan dan arah densifikasi bangunan di Kota Kendari. Hasil dari penelitian ini adalah (1) terjadi peningkatan luasan bangunan pada tahun 1998-2018. Pada tahun 1998 luas total bangunan adalah 3.008,64 ha meningkat menjadi 4.006,74 ha pada tahun 2008, dan meningkat lagi pada tahun 2018 menjadi 4.709,49 ha; (2) rata-rata kecepatan perubahan kepadatan bangunan pada tahun 1998-2018 seluas 84,52 ha/tahun. Perubahan densifikasi bangunan dari Timur ke arah Barat, Barat Daya dan Selatan, yang banyak terjadi di daerah pusat kota, sepanjang jalan utama, dan daerah pinggiran kota.

Kata kunci: Interpretasi Hibrida, Densifikasi Bangunan, Penginderaan Jauh, Kota Kendari

Abstract: The rapid development of the city gives impact to increase in the number of buildings in Kendari city. Utilization of information from remote sensing is a solution to monitor density of buildings. The method in this research is a hybrid interpretation that is a combination of visual and digital interpretation (Urban Index Transformation). The aims of this study are: (1) to know the condition of buildings densification in Kendari city; (2) to know the direction of buildings' densification and the acceleration of buildings' densification. The results of this study are: (1) area of building have increased in 1998-2018. The total area of the building in 1998 was 3.008,64 ha, increased to 4.006,74 ha in 2008 and increased again in 2018 became 4.709,49 ha; (2) the average speed of change in building area from 1998-2018 is 84,52 ha/year. The direction of changes in building densification East to West, Southwest and South, that mostly occurred mostly in downtown areas major roads, and suburbs.

Keywords: Hybrid Classification, building densification, Remote Sensing, Kendari City

1. PENDAHULUAN

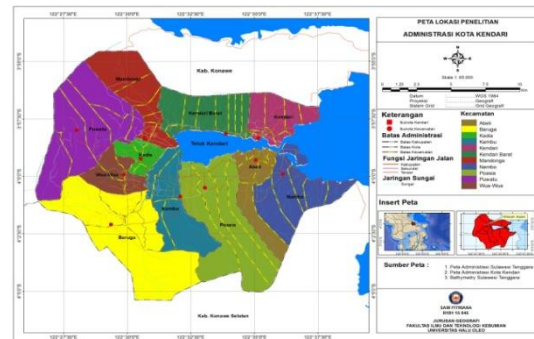
Perkembangan sebuah wilayah dapat terlihat dari perkembangan fisik wilayah tersebut. Perkembangan fisik sebuah wilayah ditandai dengan bertambahnya lahan terbangun baik perumahan, industri, maupun fasilitas umum. Bertambahnya lahan terbangun bisa disebabkan oleh semakin meningkatnya jumlah penduduk di wilayah tersebut. Pertambahan penduduk terutama di daerah perkotaan banyak dipengaruhi oleh adanya urbanisasi. Kota Kendari merupakan ibukota Provinsi Sulawesi Tenggara yang tentu membawa dampak positif terutama bagi pertumbuhan perekonomian. Pertumbuhan ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah-daerah lain di kawasan Sulawesi Tenggara merupakan daya tarik atau pemicu laju urbanisasi di Kota Kendari. 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).

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah (1) mengetahui bagaimana kondisi densifikasi bangunan di Kota Kendari, (2) mengetahui arah dan kecepatan densifikasi bangunan di Kota Kendari.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berada di Kota Kendari, Sulawesi Tenggara. Secara astronomis terletak pada bagian selatan garis khatulistiwa, membentang dari Utara ke Selatan pada posisi garis lintang $3^{\circ} 54' - 4^{\circ} 3'$ Lintang Selatan dan garis bujur $122^{\circ} 23' - 122^{\circ} 39'$ Bujur Timur. Sebelah Utara berbatasan dengan wilayah Kecamatan Soropia, Kabupaten Konawe; Sebelah Timur berbatasan dengan Laut Banda;

Sebelah Selatan berbatasan dengan wilayah Kecamatan Moramo dan Kecamatan Konda, Kabupaten Konawe Selatan; dan Sebelah Barat berbatasan dengan wilayah Kecamatan Ranomeeto Kabupaten Konawe Selatan dan Kecamatan Sampara Kabupaten Konawe.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.1. Tahapan Pengolahan Data Koreksi Geometrik dan Koreksi Radiometrik

Koreksi geometrik pada citra Landsat merupakan upaya memperbaiki kesalahan perekaman secara geometrik agar citra yang dihasilkan mempunyai sistem koordinat dan skala yang seragam, dan dilakukan dengan cara translasi, rotasi, atau pergeseran skala. Sedangkan koreksi radiometrik dilakukan untuk menghilangkan distorsi radiometrik pada citra. Distorsi radiometrik adalah kesalahan yang terjadi pada nilai intensitas piksel yang tercatat, hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang terjadi pada saat proses pengambilan data, pengiriman data, dan perekaman data (Parman, 2010).

Analisis Kondisi Densifikasi Bangunan

Penggunaan teknologi penginderaan jauh akan sangat membantu dalam melakukan penelitian yang menggunakan berbagai macam data spasial, khususnya untuk analisis data keruangan pada wilayah penelitian yang cukup luas, terkait dengan monitoring kawasan yang membutuhkan data dengan sifat berkelanjutan (*sustainable*). Tujuan

dari transformasi nilai asli piksel adalah untuk mendapatkan nilai piksel baru yang secara konfiguratif membentuk citra yang lebih tajam, jelas, dan lebih mudah dianalisis untuk keperluan tertentu (Kurniawan, 2017).

Penelitian ini menggunakan teknik interpretasi hibrida untuk mendapatkan informasi kepadatan bangunan di Kota Kendari. Interpretasi hibrida adalah kombinasi antara teknik interpretasi visual dan digital. Interpretasi Visual yaitu mendelinasikan objek lahan terbangun sedangkan interpretasi visual yaitu untuk mengidentifikasi objek dengan menggunakan *Transformasi Urban Index*.

Data kepadatan bangunan dihasilkan melalui ekstraksi citra penginderaan jauh dengan menggunakan teknik interpretasi hibrida. 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 yaitu saluran 3,2,1 pada Landsat 5 dan 4,3,2 pada Landsat 8. Penggunaan komposit tersebut bertujuan untuk mempermudah interpretasi lahan terbangun. Kenampakan lahan terbangun dikenali dan didelinasikan pada citra penginderaan jauh dengan menggunakan unsur-unsur interpretasi visual (Nugraha, 2014).

(Danoedoro, 2012) merumuskan Analisis digital menggunakan transformasi *urban index* dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan :

BV = brightness value

SWIR II = saluran shortwave infrared II

NIR = saluran near infrared

Transformasi *Urban Index* menggunakan saluran inframerah dekat (VNIR) dan inframerah tengah II (SWIR-2). Algoritma UI pada Landsat 5 TM

memanfaatkan saluran 7 dan 4, sedangkan pada Landsat 8 OLI/TIRS memanfaatkan saluran 7 dan 5. Citra indeks perkotaan dihasilkan dari proses transformasi citra dengan tujuan untuk menonjolkan objek lahan terbangun. Klasifikasi kepadatan bangunan menggunakan *Urban Index* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi kepadatan bangunan

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)

Sumber: Suharyadi, 2011

Analisis Kecepatan dan Arah Densifikasi Bangunan

Kecepatan densifikasi bangunan dihitung berdasarkan luas lahan yang mengalami densifikasi dibagi dengan periode pengamatan. Apabila dihitung rerata kecepatan densifikasi bangunan berdasar periode waktu, maka kecepatan densifikasi bangunan dapat ditentukan dengan melihat pada periode berapa yang mengalami penambahan luas yang paling tinggi (Suharyadi, 2011).

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

$$Plt = \frac{st(T2) - st(T1)}{T} \dots (2)$$

Keterangan:

Plt : rata-rata pertambahan lahan terbangun

St : *settlement* (Ha)

T2 : tahun akhir pengamatan

T1 : tahun awal pengamatan

T : selisih waktu pengamatan (T2-T1)

Faktor utama sebagai penyebab masalah perkotaan bersifat dinamis yaitu : penambahan jumlah penduduk dan penambahan kegiatan berkaitan dengan

kebutuhan hidup yang makin meningkat. Kedua faktor tersebut memerlukan ruang atau lahan untuk menampung permukiman baru dan ruang untuk menampung pembangunan infra-struktur, yang pada akhirnya mengarah sebagai penyebab terjadinya densifikasi bangunan (Treman, 2012).

Arah Perkembangan Densifikasi bangunan merupakan arah bertambahnya luas bangunan dan adanya perubahan bukan lahan terbangun menjadi lahan terbangun yang terjadi pada suatu wilayah. Analisis Arah Perkembangan Densifikasi dilakukan dengan analisis deskriptif, yaitu dengan melihat peta hasil densifikasi bangunan tahun 1998-2018 berdasarkan arah mata angin yaitu arah Barat, arah Timur, arah Utara dan arah Selatan.

2.2. Uji Akurasi

Hasil interpretasi hibrida citra satelit resolusi spasial menengah dilakukan uji akurasi untuk menilai seberapa besar tingkat akurasi nya. Uji akurasi merupakan kegiatan untuk mengetahui tingkat akurasi peta tematik yang dihasilkan dari suatu proses interpretasi citra penginderaan jauh. Uji akurasi bertujuan untuk mengetahui tingkat kebenaran dari peta hasil interpretasi hibrida yang telah dilakukan dengan data validasi lapangan (*ground check*). Pada penelitian ini uji akurasi hanya dilakukan pada peta densifikasi bangunan tahun 2018.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Kondisi Densifikasi Bangunan

Hasil Koreksi Geometrik dan Radiometrik

Hasil koreksi geometrik nilai RMSE pada citra landsat tahun 1998 sebesar 0,000003 dan tahun 2008 sebesar 0,000000. Nilai RMSE pada masing-masing citra landsat sudah memenuhi syarat kurang dari 1 piksel. Hasil koreksi radiometrik, pada Landsat 5 rentang nilai

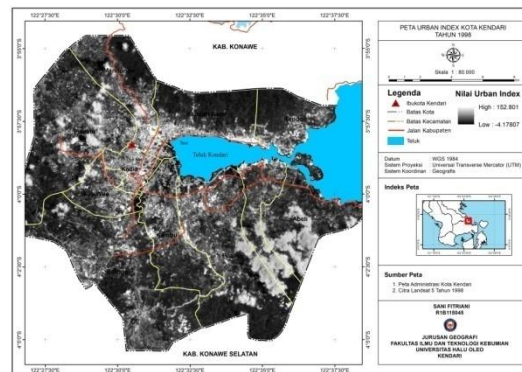
piksel asli adalah 0 – 255. Setelah dilakukan kalibrasi radiometrik menjadi kurang dari 1. Sedangkan pada Landsat 8 nilai piksel asli berada pada rentang 0 – 65535. Setelah dilakukan kalibrasi radiometrik menjadi kurang dari 1.

Interpretasi Visual

Tahapan interpretasi visual dari interpretasi hibrida adalah mendelineasi satuan pemetaan. Satuan pemetaan didelineasi berdasarkan komposit natural pada masing-masing citra landsat. Selain komposit natural dalam penelitian ini digunakan komposit bantuan. Delineasi dibedakan menjadi dua yakni lahan terbangun dan bukan lahan terbangun.

Interpretasi Digital

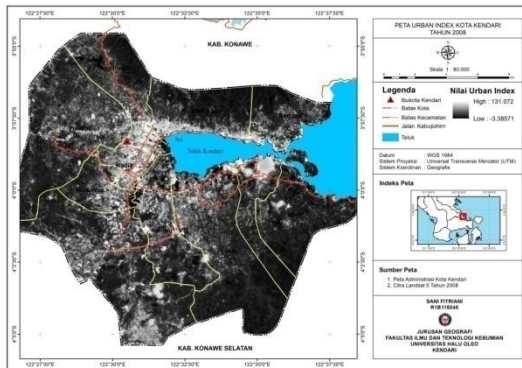
Citra indeks perkotaan dihasilkan dari proses tranformasi citra dengan tujuan untuk menonjolkan objek lahan terbangun. Semakin tinggi nilai dan ronanya semakin cerah, maka menunjukkan lahan terbangun, sedangkan semakin rendah nilainya dan semakin gelap ronanya maka menunjukkan bukan lahan terbangun. Indeks perkotaan digunakan sebagai parameter untuk menentukan kepadatan bangunan pada blok lahan terbangun.



Gambar 3. Peta *urban index* tahun 1998

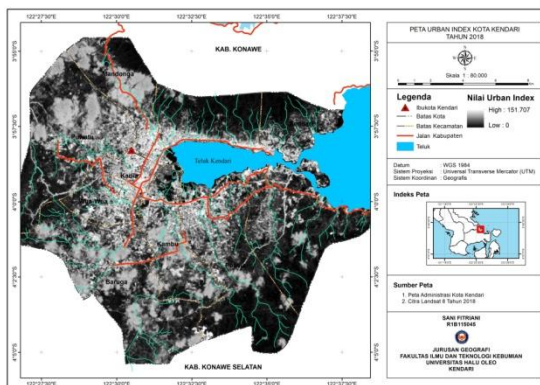
Berdasarkan gambar 3, hasil transformasi *urban index* pada tahun 1998 menunjukkan rentang -4,17807 sampai 152,801. Terdapat nilai negative karena ada beberapa piksel hasil landsat *gap fill*

yang tidak sempurna sehingga mengakibatkan piksel tersebut menjadi bernilai negative. Semakin tinggi nilai dan ronanya semakin cerah, maka menunjukkan lahan terbangun. Objek lahan terbangun ditunjukkan dengan warna cerah.



Gambar 4. Peta *urban index* tahun 2008

Berdasarkan gambar 4, hasil *urban index* pada tahun 1998 menunjukkan rentang -3,385711 sampai 131,071503. Sama halnya dengan hasil UI Landsat 5 tahun 1998, pada tahun 2018 terdapat nilai negative karena ada beberapa piksel hasil landsat *gap fill* yang tidak sempurna sehingga mengakibatkan piksel tersebut menjadi bernilai negative. Semakin tinggi nilai dan ronanya semakin cerah, maka menunjukkan lahan terbangun. Objek lahan terbangun ditunjukkan dengan warna cerah.



Gambar 5. Peta *urban index* tahun 2018

Berdasarkan gambar 5, hasil *urban index* pada tahun 1998 menunjukkan rentang 0 sampai 151,706650. Semakin tinggi nilai dan ronanya semakin cerah,

maka menunjukkan lahan terbangun. Objek lahan terbangun ditunjukkan dengan warna cerah.

Interpretasi Hibrida

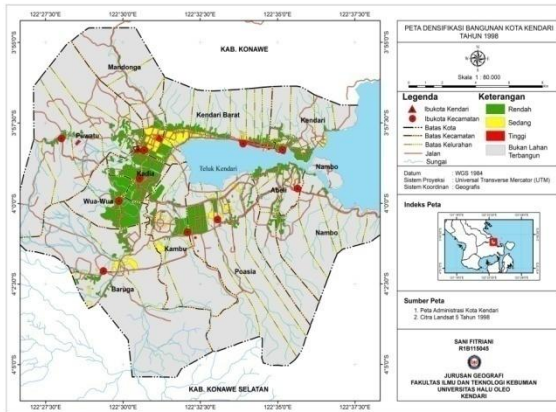
Interpretasi hibrida dilakukan dengan menggabungkan interpretasi visual dan digital. Delineasi dilakukan dengan *caradigitasi on screen* menggunakan bantuan unsur interpretasi. Interpretasi digital dilakukan dengan transformasi *urban index* untuk menonjolkan objek lahan terbangun.

Kunci interpretasi hibrida untuk kepadatan bangunan adalah formula matematis nilai piksel citra satelit yang digunakan untuk menentukan kelas kepadatan bangunan. Pada penelitian ini kunci interpretasi yang digunakan oleh peneliti merupakan kunci interpretasi kepadatan bangunan yang telah dibuat oleh Suharyadi (2011) yaitu berdasarkan pada tabel 1. Hal tersebut didasarkan kunci interpretasi tersebut telah teruji dan memiliki tingkat akurasi yang baik.

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, tingkat kepadatan rendah berwarna hijau, sedang berwarna kuning, dan tinggi berwarna merah. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan *tool zonal statistics*.

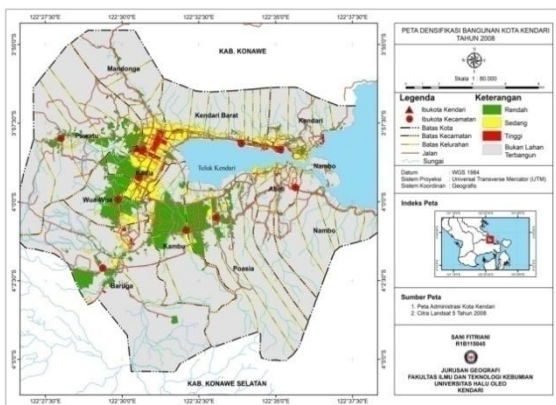
Berdasarkan Gambar 6, tingkat kepadatan rendah lebih dominan daripada tingkat kepadatan sedang dan tingkat kepadatan tinggi. Kepadatan tinggi hanya terkonsentrasi wilayah dikecamatan kendari barat yaitu disepanjang jalan utama dan Kecamatan Mandonga dengan luas 90,17 Ha. Hal ini dikarenakan pada tahun 1998 wilayah tersebut menjadi pusat pertumbuhan Kota. Kepadatan sedang terkonsentrasi di wilayah-wilayah pinggiran kota Kecamatan Kendari Barat dan Kecamatan Mandonga dengan luas 548,55 Ha. Sedangkan kelas kepadatan

Rendah mendominasi di wilayah pinggiran kota dengan luas 2.369,96 Ha. Luas total bangunan pada tahun 1998 adalah 3.008,68 Ha.



Gambar 6. Peta densifikasi bangunan tahun 1998

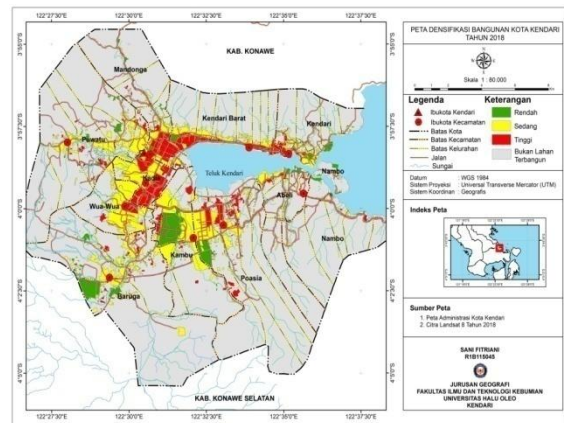
Berdasarkan Gambar 7, berbeda dengan tahun 1998, pada tahun 2008 tingkat kepadatan sedang mengalami peningkatan dan kepadatan rendah masih didominasi di wilayah pinggiran kota. Kepadatan tinggi tidak hanya terpusat di kecamatan Kendari Barat, namun juga terjadi di Kecamatan Mandonga, karena pada tahun 2008 kecamatan Mandonga menjadi salah satu kawasan pusat perdagangan (selain di Kendari Barat) bahkan menjadi pusat perkantoran.



Gambar 7. Peta densifikasi bangunan tahun 2008

Hal ini ditandai dengan banyak nya bangunan pertokoan, pasar dan rumah sakit (RS. Provinsi Sultra) pada tahun tersebut. Luas kepadatan tinggi yaitu 74--- Oktober

220,27 Ha. Kepadatan sedang tersebar di beberapa wilayah dibandingkan dengan tahun 1998 yaitu di kecamatan Kendari, Kendari Barat, Mandonga dan Kecamatan Kadia dengan luas 1.447,64 Ha. Sedangkan kepadatan rendah, terjadi di seluruh wilayah pinggiran kota dengan Luas 2.338,83 Ha. Luas total bangunan pada tahun 2008 adalah 4.006,74 Ha.

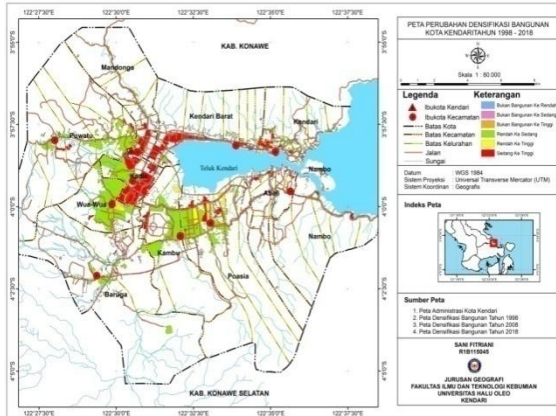


Gambar 8. Peta densifikasi bangunan tahun 2018

Berdasarkan Gambar 8, berbeda dengan tahun 1998 dan tahun 2008, pada tahun 2018 kepadatan sedang dan tinggi mengalami peningkatan yang sangat pesat. Hal ini ditandai dengan semakin tingginya luas kepadatan tinggi dan sedang.

Kelas kepadatan tinggi mengalami peningkatan yang sangat pesat dan tidak hanya didominasi di wilayah pusat-pusat kota yang merupakan pusat Pemerintahan, perkantoran, perekonomian, pendidikan dan kegiatan industri namun juga terjadi di wilayah-wilayah pinggiran yaitu kecamatan Kambu dan kecamatan Poasia. Luas kepadatan tinggi yaitu 1.165,46 Ha. Selain kepadatan tinggi, kepadatan sedang juga mengalami peningkatan yang pesat yaitu hampir disemua wilayah kota yang tidak terkonsentrasi di pusat kota namun juga dipinggiran kota, luas kepadatan sedang yaitu 2.841,23 Ha. Sedangkan kepadatan rendah hanya terdapat di wilayah pinggiran kota yaitu disebagian wilayah kecamatan Baruga, kecamatan

kambu, kecamatan Poasia, kecamatan abeli dan kecamatan nambo dengan Luas 702,8 Ha. Jumlah total luasan pada tahun 2018 yaitu 4.709,49 Ha.



Gambar 9. Peta perubahan densifikasi bangunan tahun 1998-2018

Peta perubahan kepadatan bangunan diperoleh dari hasil overlay peta densifikasi bangunan tahun 1998, 2008 dan 2018. Berdasarkan peta, perubahan didominasi oleh kepadatan rendah ke sedang dan kepadatan sedang ke tinggi. terdapat perubahan kepadatan bangunan dari bukan bangunan ke rendah, bukan bangunan ke sedang dan bukan bangunan ke tinggi.

Hasil Uji Akurasi

Hasil uji akurasi keseluruhan interpretasi hibrida kepadatan bangunan mencapai 84,3%. Dalam penelitian ini diambil sampel 32 titik, masing-masing kecamatan 3 titik sesuai dengan kelas kepadatan bangunan yaitu kelas rendah, sedang dan tinggi. Di Kota Kendari terdapat 11 kecamatan. Pada kecamatan Wua-wua diambil sampel sebanyak 2 titik, karena berdasarkan peta densifikasi bangunan di kecamatan Wua-wua tidak terdapat kelas kepadatan rendah, sehingga jumlah keseluruhan 32 titik sampel.

3.2 Analisis Kecepatan dan Arah Densifikasi Bangunan

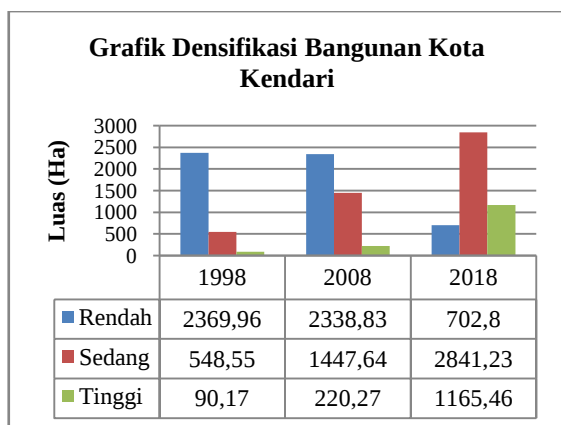
$$\begin{aligned}
 \text{Plt } 1998 - 2008 &= \frac{st(T2) - st(T1)}{T} \\
 &= \frac{4.006,74 - 3.008,68}{2008 - 1998} \\
 &= \frac{1008,82}{10} \\
 &= 99,806 \text{ Ha/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Plt } 2008 - 2018 &= \frac{st(T2) - st(T1)}{T} \\
 &= \frac{4.709,49 - 4.006,74}{2018 - 2008} \\
 &= \frac{692,58}{10} \\
 &= 69,25 \text{ Ha/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rerata } 1998-2018 &= \frac{99,806 + 69,25}{2} \\
 &= \frac{169,05}{2} \\
 &= 84,52 \text{ Ha/tahun}
 \end{aligned}$$

Rata-rata perubahan luasan bangunan pertahun pada periode 1998-2008 adalah 84,52 Ha/tahun. Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa pada tahun 1998-2008 mengalami perubahan luasan bangunan yang paling signifikan yaitu 99,806 Ha/tahun. Pada tahun 1998-2008 mengalami angka perubahan kecepatan perubahan kepadatan bangunan paling tinggi yaitu 99,806 Ha/tahun. Sedangkan pada tahun 2008-2018, angka kecepatan perubahan kepadatan bangunan yaitu seluas 69,25 Ha/tahun.

Berdasarkan gambar 10, setiap tahun tingkat kepadatan rendah luasnya semakin berkurang, sedangkan kelas kepadatan sedang dan kepadatan tinggi setiap tahun luasnya semakin meningkat pesat.



Gambar 10. Grafik densifikasi bangunan Kota Kendari

Analisis Arah Densifikasi Bangunan

Berdasarkan peta perubahan densifikasi bangunan, arah perubahan densifikasi bangunan pada tahun 1998-2008 dari arah Timur ke Barat, Barat Laut dan Barat Daya yaitu ke kecamatan Mandonga, Kadia, Wua-wua dan Baruga. Lalu pada tahun 2008-2018 ke arah Barat Laut, Barat, Barat Daya dan Selatan yaitu kecamatan Mandonga, kecamatan Puuwatu, kecamatan Baruga, kecamatan Kambu dan kecamatan Poasia. Perubahan kepadatan bangunan banyak terjadi di pusat perkotaan dan pinggiran kota yang di dominasi oleh tingkat kepadatan sedang ke tinggi yang mengindikasikan bahwa adanya pemadatan bangunan pada daerah pusat perkotaan. Terdapat densifikasi bangunan yang arahnya tetap yaitu di kecamatan Kendari Barat, hal ini terjadi karena di wilayah tersebut memiliki topografi yang tinggi atau wilayah yang cenderung perbukitan, hal ini tidak memungkinkan untuk adanya pembukaan lahan baru.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal untuk menjawab rumusan masalah, yaitu sebagai berikut: Kepadatan bangunan hasil interpretasi hibrida di Kota Kendari memiliki tingkat akurasi sebesar 84,3%. Dalam penelitian

ini terjadi peningkatan luasan kepadatan bangunan di Kota Kendari. Pada tahun 1998, luas total bangunan adalah 3.008,68 Ha meningkat menjadi 4.006,74 Ha pada tahun 2008. Perubahan pada tahun 1998-2008 didominasi oleh kelas rendah menjadi sedang. Pada tahun 2008-2018, perubahan kepadatan bangunan didominasi oleh kelas rendah menjadi sedang, dan sedang menjadi tinggi. Luas bangunan pada tahun 2018 total luasan menjadi 4.709,49 Ha. Rata-rata kecepatan perubahan kepadatan bangunan pada tahun 1998-2018 adalah seluas 84,52 Ha/tahun. Pada tahun 1998-2008 mengalami angka perubahan kecepatan perubahan kepadatan bangunan paling tinggi yaitu 69,52 Ha/pertahun. Sedangkan pada tahun 2008-2018 yaitu seluas 69,25 Ha/tahun. Arah perubahan densifikasi bangunan pada tahun 1998-2008 dari arah Timur ke Barat, Barat Laut dan Barat Daya yaitu ke kecamatan Mandonga, Kadia, Wua-wua dan Baruga. Lalu pada tahun 2008-2018 ke arah Barat Laut, Barat, Barat Daya dan Selatan yaitu kecamatan Mandonga, kecamatan Puuwatu, kecamatan Baruga, kecamatan Kambu dan kecamatan Poasia. Perubahan kepadatan bangunan banyak terjadi di pusat perkotaan dan pinggiran kota yang di dominasi oleh tingkat kepadatan sedang ke tinggi yang mengindikasikan bahwa adanya pemadatan bangunan pada daerah pusat perkotaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Danoedoro.Projo.2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta:Penerbit Andi
- Kurniawan, Surya., Wa Ode Nurhaidar dan Iradat Salihin. 2017. Optimalisasi Transformasi Ui, Ndbi, Ndvi, dan Kombinasi Transformasi Spektral Ui-Ndvi dan Ndbi-Ndvi Guna Mendeteksi kepadatan Lahan Terbangun di Kota Magelang.*Jurnal Geografi Aplikasidan Teknologi*.Vol. 1 No. 1. p. 13-22.

- Nugraha, Vembri Satya. 2014. Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh untuk Monitoring Kepadatan Bangunan di Daerah Perkotaan Magelang.[Skripsi].Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Parman. 2010. Deteksi perubahan garis pantai melalui citra penginderaan jauh di pantai taar semarang demak.*Jurnal geogarfi*.Vol. 7 No. 1. p. 30-38.
- Puspitasari.Shanti. 2016. Kajian Kepadatan Bangunan Menggunakan Interpretasi Hibrida Citra Landsat-8 OLI di Kota Semarang Tahun 2015. [Skripsi].Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Suharyadi.2011. Interpretasi Hibrida Citra Satelit Resolusi Spasial Menengah untuk Kajian Kepadatan Bangunan Daerah Perkotaan di Daerah Perkotaan Yogyakarta.[Disertasi].Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Treman, I, Wayan. 2012. Pemanfaatan Penginderaan Jauh Untuk Kajian Densifikasi Rumah Mukim Perkotaan.*Media Komunikasi FIS*.Vol. XI, No. 1. p. 46-48.
- Yunus, Hadi Sabri. 2001. *Struktur Tata Ruang Kota*.Yogyakarta:Pustaka Belajar.

