

Analisis Degradasi Penutup Hutan Di Perkotaan Menggunakan Model *Forest Canopy Density* Studi Kasus : Kota Bandar Lampung

Adam Irwansyah Fauzi^{1, a)}, Redho Surya Perdana¹⁾, Agung Budi Harto²⁾, Dudung Muhally Hakim²⁾

¹⁾ Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sumatera

²⁾ Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung

^{a)}email korespondensi: adam.fauzi@gt.itera.ac.id

ABSTRAK

Salah satu faktor utama terjadinya perubahan iklim yang sedang berlangsung saat ini adalah akibat emisi gas rumah kaca (GRK) yang banyak ditimbulkan oleh degradasi hutan di kawasan perkotaan. *Forest Canopy Density* (FCD) merupakan suatu model yang dikembangkan untuk keperluan analisis dan pemantauan perkembangan hutan secara kuantitatif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis degradasi penutup hutan di kawasan perkotaan menggunakan model FCD. Secara umum penelitian ini dilaksanakan melalui tiga tahap utama yaitu pra-pengolahan citra, pengolahan model FCD, dan analisis degradasi penutup hutan. Pada tahap pra-pengolahan citra dilakukan pemotongan area studi, uji akurasi geometrik, koreksi radiometrik, penghilangan derau, dan normalisasi. Pada pengolahan model FCD, indeks vegetasi, indeks tanah, indeks bayangan, dan indeks temperatur diintegrasikan untuk memperoleh model kerapatan penutup hutan. Tahap terakhir dilakukan analisis degradasi berdasarkan fungsi lahan dan pada tingkat kecamatan antara rentang tahun 2009-2015. Dari hasil pengolahan data dan analisis, Kota Bandar Lampung mengalami degradasi hutan sebesar 1002,75 ha yang secara keseluruhan terjadi pada kawasan budi daya yaitu mencapai 92,03%, sedangkan kawasan lindung hanya terdegradasi sebesar 7,97%. Melalui analisis spasial, Kota Bandar Lampung terindikasi mengalami *urban sprawl* yang ditandai dengan tingginya tingkat degradasi penutup hutan pada 6 kecamatan terluar yaitu Teluk Betung Barat, Sukarame, Kemiling, Sukabumi, Tanjung Senang, dan Rajabasa.

Kata Kunci: degradasi hutan; *forest canopy density*; penutup hutan.

ABSTRACT

One of the main factors of the ongoing climate change is due to greenhouse gas (GHG) emissions which are caused by forest degradation in urban areas. Forest Canopy Density (FCD) is a model developed for monitoring and quantitative of forest dynamics. This study aims to analyze forest cover degradation in urban areas using FCD model. In general, this research was carried out through three main stages, i.e. image pre-processing, FCD model processing, and forest cover degradation analysis. At the pre-processing stage, study area extraction, geometric accuracy assessment, radiometric correction, noise removal, and normalization. In FCD model processing, the vegetation index, soil index, shadow index, and temperature index are integrated to obtain FCD model. At the last step, analysis was conducted based on land use and at the sub-district level between 2009 – 2015. From the analysis results, Bandar Lampung experienced forest degradation of 1002.75 ha. The degradation was occurred in the cultivation area that reached 92.03%, while protected areas were only degraded by 7.97%. Through spatial analysis, Bandar Lampung City is indicated to encounter urban sprawl, which is characterized by high levels of forest cover degradation in 6 outer districts, i.e. Teluk Betung Barat, Sukarame, Kemiling, Sukabumi, Tanjung Senang, and Rajabasa.

Keywords: *forest canopy density; forest cover; forest degradation.*

I. PENDAHULUAN

Kecenderungan peningkatan temperatur perkotaan selama beberapa tahun terakhir telah diamati sebagai akumulasi dari dampak fenomena perubahan iklim dan *urban heat island* (UHI) (Santamouris, 2015). Perubahan iklim merupakan perubahan lingkungan global akibat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer, sedangkan UHI merupakan suatu kawasan terbangun yang memiliki temperatur relatif lebih tinggi dari daerah sekitarnya akibat degradasi vegetasi dan peningkatan konsentrasi material yang umumnya terjadi di perkotaan (Oke, 1987; NRC, 2000; IPCC, 2014; Stone dkk., 2010).

Menurut laporan United Nations Human Settlement Program (UN-Habitat) tahun 2011 (*Cities and Climate Change -Global Report on Human Settlement*), perkotaan di seluruh dunia yang hanya memiliki luas 2% dari luas lahan di seluruh dunia justru bertanggung jawab atas 70% emisi GRK global (UN-Habitat, 2011). Pada

dasarnya terdapat banyak faktor yang menyebabkan munculnya peningkatan konsentrasi GRK di atmosfer, namun ilmuwan memperkirakan bahwa emisi yang ditimbulkan oleh adanya deforestasi dan degradasi hutan yang mencapai sekitar 20 persen dari seluruh emisi GRK sebagai salah satu yang menjadi penyebab utama (CIFOR, 2010).

Hutan didefinisikan sebagai hamparan lahan yang ditumbuhi vegetasi yang didominasi pepohonan dan tumbuh-tumbuhan dalam satu kesatuan ekosistem yang mampu menciptakan iklim mikro (Puspitojati, 2011). Sedangkan definisi penutup hutan sebagai bagian dari penutup lahan (*land cover*) mengacu pada proporsi tanah yang ditutupi oleh proyeksi vertikal dari seluruh kanopi vegetasi (Jennings dkk., 1999). Mengingat peran hutan yang begitu vital, banyak bidang keilmuan yang diaplikasikan untuk mengamati fenomena deforestasi dan degradasi hutan, tak terkecuali teknologi penginderaan jauh (inderaja) (Banerjee dkk., 2014; Akike dan Samanta, 2016). Kelebihan teknologi ini antara lain dapat memetakan area yang relatif luas secara cepat dan berulang-ulang, dan juga dalam hal proses interpretasi citra dapat dilakukan lebih cepat dan relatif lebih murah dibandingkan dengan survei lapangan. Selain itu citra inderaja dapat diinterpretasi dan diproses untuk berbagai kegunaan terkait dengan berbagai penutup lahan antara lain kehutanan, pertanian, dan perkembangan perkotaan (Sabins, 2007).

Teknologi inderaja berkembang semakin pesat seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan teknologi digital lainnya. Hal ini tentunya juga berdampak pada bidang analisis digital yang mendorong munculnya teknik dan model untuk pengolahan data inderaja. Salah satu metode pengolahan citra yang sering diaplikasikan untuk mengamati dinamika hutan adalah model *Forest Canopy Density* (FCD) (Hadi dkk., 2004; Kumar dkk., 2015; Pandian dan Nandhini, 2016). FCD merupakan suatu model yang dikembangkan oleh Atsushi Rikimaru untuk keperluan analisis dan pemantauan perkembangan hutan secara kuantitatif. Model ini juga sangat mungkin digunakan untuk mengamati perubahan kondisi hutan dari waktu ke waktu termasuk degradasi hutan (Rikimaru dkk., 2002).

Untuk kasus di Indonesia, deforestasi dan degradasi hutan banyak terjadi di kawasan perkotaan khususnya di kawasan kota-kota metropolitan (Siahaan, 2010). Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis degradasi penutup hutan di kawasan perkotaan menggunakan model FCD.

II. METODE

2.1 Wilayah Studi

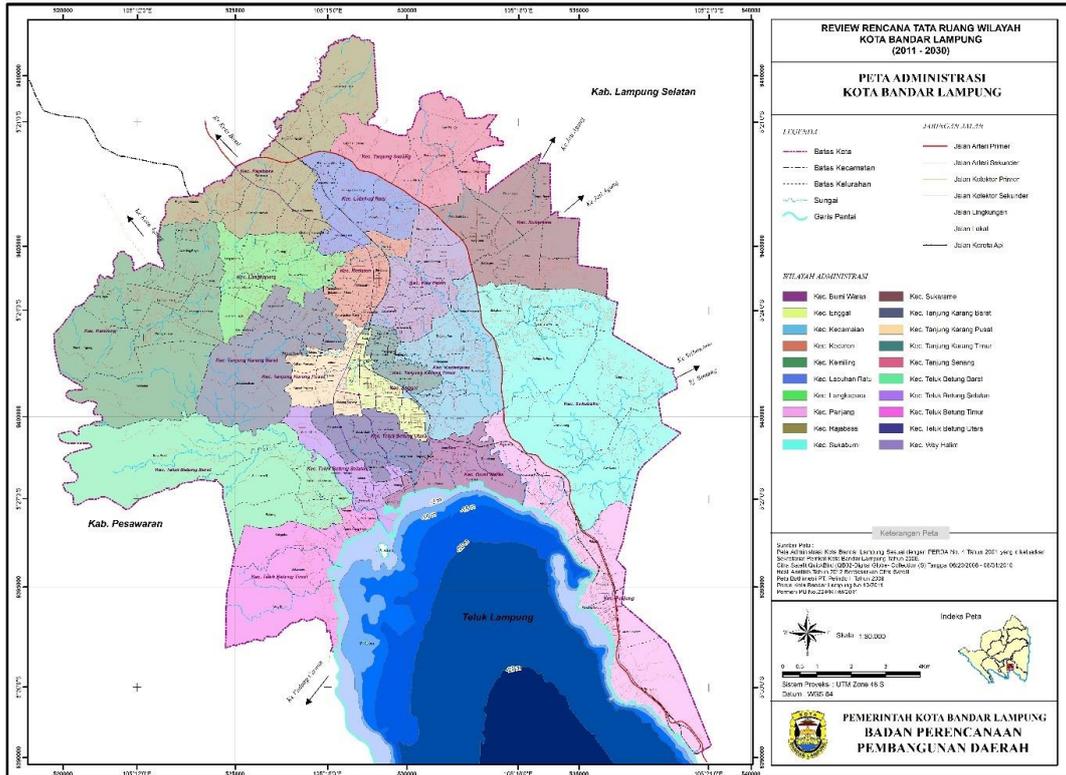
Berdasarkan letak geografis, Kota Bandar Lampung terletak pada $5^{\circ} 20'$ sampai dengan $5^{\circ} 30'$ Lintang Selatan dan $105^{\circ} 28'$ sampai dengan $105^{\circ} 37'$ Bujur Timur. Di sebelah selatan, Bandar Lampung berbatasan langsung dengan Teluk Lampung. Kabupaten Lampung Selatan mengapit Kota Bandar Lampung di bagian timur dan utara. Sedangkan sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Pesawaran. Luas wilayah Kota Bandar Lampung sebesar 197,22 km (Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung, 2015). Kota Bandar Lampung terdiri dari 20 kecamatan sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 1**.

2.2 Data

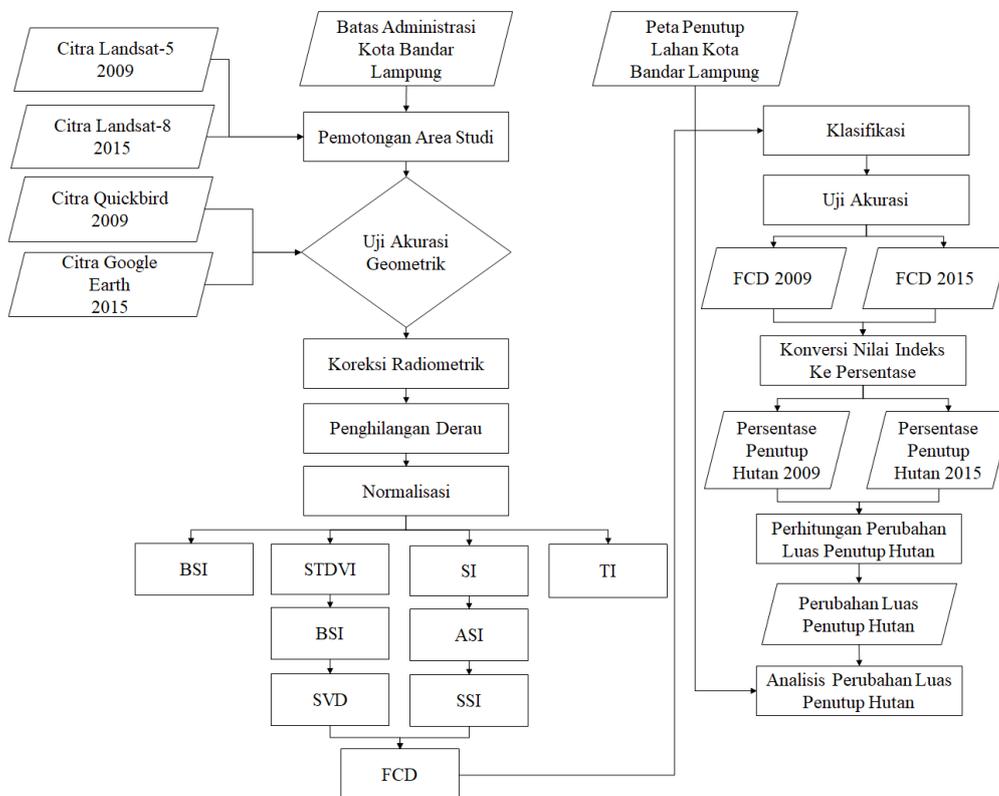
Secara umum terdapat 2 data utama dan 3 data pendukung yang digunakan pada penelitian ini, yaitu citra satelit Landsat 5 TM tahun 2009 dan citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS tahun 2015 sebagai data utama. Sedangkan citra satelit Quickbird tahun 2010, citra Google Earth tahun 2015, data batas administrasi dan penutup lahan Kota Bandar Lampung sebagai data pendukung tahun 2010.

2.3 Metodologi

Metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini, secara umum mencakup tahap pra-pengolahan citra, model forest canopy density, klasifikasi citra, dan konversi indeks ke persentase sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 1. Peta administrasi Kota Bandar Lampung (Sumber : Bappeda Kota Bandar Lampung)



Gambar 2. Diagram alir metodologi penelitian

a. Pemotongan Area Studi

Citra satelit Landsat 5 TM dan Landsat 8 OLI/TIRS yang digunakan mencakup wilayah Provinsi Lampung dan Provinsi Banten, oleh sebab itu untuk mempercepat proses pengolahan citra maka citra tersebut di potong sesuai dengan wilayah studi yaitu Kota Bandar Lampung (**Gambar 3**).



Gambar 3. Ilustrasi pemotongan area studi

b. Uji Akurasi Geometrik

Dalam penelitian ini, citra Landsat 5 TM dan citra Landsat 8 OLI/TIRS yang digunakan telah terkoreksi geometrik sehingga sistem koordinat citra sudah dalam sistem proyeksi TM-6 dengan sistem koordinat proyeksi yaitu Universal Transverse Mercator (UTM). Kedua citra tersebut akan diuji menggunakan *Independent Check Point* (ICP) dengan membandingkan koordinat citra yang telah terkoreksi dengan koordinat referensi, dalam hal ini digunakan citra Quickbird dan citra Google Earth. ICP yang digunakan sebanyak 20 titik sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Distribusi ICP pada citra

Hasil dari pengecekan ketelitian diperoleh RMSE untuk citra Landsat 5 TM sebesar 0,528 piksel dan RMSE untuk citra Landsat 8 OLI/TIRS sebesar 0,5143 piksel.

c. Koreksi Radiometrik

Digital Number (DN) dari setiap piksel yang disimpan pada citra mengandung beberapa kesalahan, diantaranya diakibatkan oleh ketidaksempurnaan sistem sensor, adanya atenuasi gelombang elektromagnetik oleh atmosfer, dan variasi sudut pengambilan data selama pengambilan pengiriman serta perekaman data (Soenarmo, 2009). Sehingga untuk memperoleh informasi yang sesuai harus dilakukan proses kalibrasi radiometrik.

Selain dilakukan kalibrasi radiometrik, pada tahap ini juga dilakukan proses koreksi atmosferik menggunakan model FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*). FLAASH merupakan model koreksi radiometrik yang dapat mengeliminasi efek atmosferik dan memperbaiki karakter spektral dari objek-objek di permukaan bumi, selain itu juga dapat mempertegas informasi vegetasi (Guo dan Zeng, 2012).

d. Penghilangan Derau

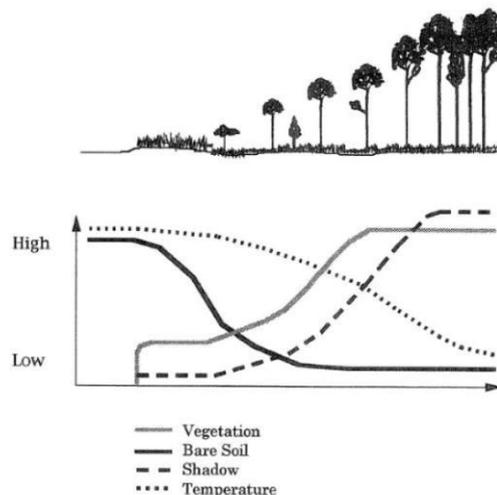
Awan memiliki nilai radianansi lebih tinggi dari objek di permukaan tanah. Begitupun dengan badan air yang dapat menyebabkan permasalahan yang serupa karena menyerap gelombang inframerah dekat. Sedangkan bayangan awan dapat menyebabkan kesalahan dalam interpretasi untuk bayangan penutup hutan sama halnya seperti bayangan dari pegunungan. Faktor-faktor ini merugikan karena mempengaruhi hitungan statistik dalam proses analisis citra (Rikimaru dkk., 2002). Oleh sebab itu perlu dilakukan pemotongan terhadap objek-objek tersebut dengan cara digitasi manual objek berupa awan, bayangan awan, dan badan air.

e. Normalisasi

Analisis penutup hutan menggunakan citra satelit membutuhkan berbagai operasi kanal, sehingga diperlukan proses normalisasi distribusi data antar kanal. Salah satu metode yang sederhana adalah dengan cara mengatur kembali histogram citra menggunakan transformasi linear (JOFA, 1996).

f. Model Forest Canopy Density

Model FCD memanfaatkan kepadatan penutup hutan sebagai parameter penting untuk karakterisasi kondisi hutan sebagaimana diilustrasikan pada **Gambar 5**. Model ini juga menunjukkan tingkat degradasi dan tingkat intensitas dari rehabilitasi hutan yang diperlukan (Rikimaru dkk., 2002).



Gambar 5. Grafik nilai indeks keempat FCD terhadap variasi vegetasi (Rikimaru dkk., 2002)

Model FCD mengkombinasikan citra yang diperoleh dari empat indeks berbeda yaitu (Rikimaru dkk., 2002):

- *Advanced Vegetation Index* (AVI), merupakan indeks vegetasi yang digunakan untuk menilai dan meneliti status vegetasi hutan.
- *Bare Soil Index* (BSI), merupakan indeks tanah yang digunakan ketika nilai indeks vegetasi tidak begitu dapat diandalkan pada situasi dimana penutup vegetasi kurang dari setengah daerahnya. Oleh sebab itu digunakan indeks tanah terbuka yang diformulasi dengan informasi kanal inframerah menengah.
- *Shadow Index* (SI), salah satu karakteristik unik dari hutan adalah struktur tiga dimensi. Untuk mengekstrak informasi struktur hutan menggunakan data penginderaan jauh, dikembangkan suatu metode yaitu indeks bayangan untuk memperoleh karakteristik dari bayangan dengan memanfaatkan informasi spektral dari bayangan hutan.
- *Thermal Index* (TI), terdapat dua faktor yang menyebabkan temperatur hutan relatif rendah. Pertama adalah efek dari penutup hutan yang menghalangi dan menyerap energi dari matahari. Dan kedua adalah evaporasi dari permukaan daun yang mengurangi panas. Sumber dari informasi temperatur adalah kanal inframerah termal yang kemudian ditransformasi menjadi indeks temperatur.

Model FCD pada dasarnya digunakan untuk area studi yang berupa kawasan hutan primer (*primary forests*), yaitu hutan di wilayah pedalaman yang memiliki komposisi spesies pohon alami tanpa ada intervensi manusia (Kormos dkk., 2017). Oleh sebab itu modifikasi perlu dilakukan sehingga model FCD dapat diterapkan secara khusus untuk hutan perkotaan (*urban forests*), yaitu vegetasi dan pepohonan yang berada pada lingkungan permukiman (Ranasinghe dan Hemakumara, 2018). Sehingga selain keempat indeks di atas, dalam penelitian ini juga digunakan indeks vegetasi *transformed difference vegetation index* (TDVI) sebagai substitusi indeks AVI pada metodologi FCD modifikasi. TDVI merupakan teknik transformasi indeks vegetasi yang relatif baru yang dikembangkan oleh Ozbakir dan Bannari (2008). Teknik ini memiliki efektifitas yang lebih baik dibandingkan NDVI dan SAVI terutama untuk ekstraksi vegetasi di kawasan perkotaan, TDVI juga membantu meminimalkan kesalahan dalam mengklasifikasikan piksel yang tidak terklasifikasi (Ozbakir dan Bannari, 2008). Sebelum diintegrasikan ke dalam metode FCD terlebih dahulu dilakukan penskalaan untuk indeks TDVI dengan nilai DN antara 0-200 sehingga menghasilkan *Scaled Transformed Difference Vegetation Index* (STDVI). Formula beberapa indeks yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Formula indeks untuk citra Landsat 5 TM dan Landsat 8 OLI/TIRS (Hadi dkk., 2004; Ozbakir dan Bannari, 2008; Pandian dan Nandhini, 2016)

Indeks	Landsat 5 (8 bit)	Landsat 8 (16 bit)
<i>Advanced Vegetation Index</i>	$AVI = [(B4+ 1) \times (256- B3) \times (B4- B3)]^{1/3}$	$AVI = [(B5+ 1) \times (65536- B4) \times (B5- B4)]^{1/3}$
<i>Bare Soil Index</i>	$BIO = [(B5+B3)-(B4+BI)] / [(B5+B3)+(B4+BI)]$ $BI = (BIO*100)+100$	$BIO = [(B6+B4)-(B5+B2)] / [(B6+B4)+(B5+B2)]$ $BI = (BIO*100)+100$
<i>Shadow Index</i>	$SI = [(256-BI) \times (256- B2) \times (256- B3)]^{1/3}$	$SI = [(65536-B2) \times (65536- B3) \times (65536- B4)]^{1/3}$
<i>Transformed Difference Vegetation Index</i>	$TDVI = 1.5*[(B4-B3)/\sqrt{B4^2+B3+0.5}]$	$TDVI = 1.5*[(B5-B4)/\sqrt{B5^2+B4+0.5}]$

Terdapat tiga tahap pengolahan citra indeks hingga memperoleh model FCD, yaitu (Rikamaru dkk., 2002) :

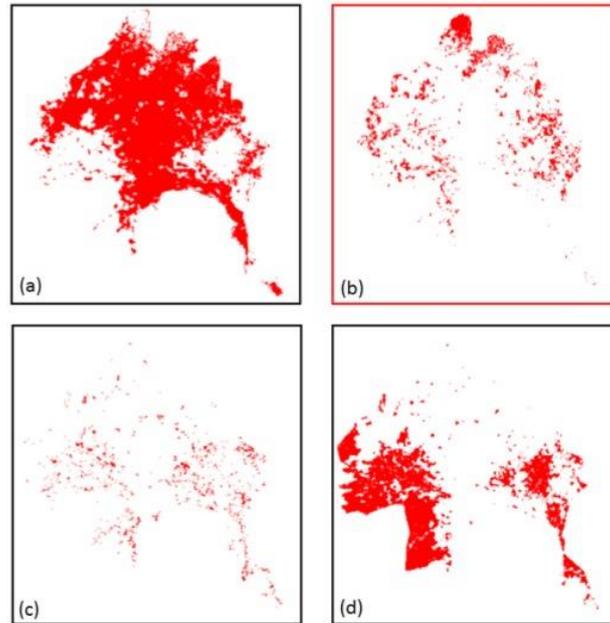
- *Vegetation Density* (VD), Kepadatan vegetasi merupakan prosedur untuk mensintesis indeks vegetasi dan indeks tanah terbuka. Pada dasarnya indeks vegetasi dan indeks tanah terbuka memiliki korelasi negatif sehingga pengolahan dilakukan menggunakan *principal component analysis* (PCA). Setelah itu dilakukan penskalaan nilai indeks dari nol persen ke seratus persen sehingga menghasilkan *scaled vegetation index* (SVD).
- *Advanced Shadow Index* (AS), ketika penutup hutan sangat padat, data satelit tidak selalu dapat menunjukkan intensitas relatif bayangan sehingga kepadatan penutup hutan dapat terabaikan. Untuk menangani masalah ini dilakukan integrasi antara indeks vegetasi, indeks bayangan, dan indeks temperatur kemudian dilakukan penskalaan terhadap hasil dari integrasi tersebut sehingga memiliki nilai indeks antara nol persen hingga seratus persen atau dengan kata lain menghasilkan *scaled shadow index* (SSI).
- *Forest Canopy Density* (FCD), indeks kepadatan penutup hutan diperoleh dengan cara mengintegrasikan kepadatan vegetasi dengan kepadatan bayangan melalui persamaan berikut:

$$FCD = (SVD \times SSI + 1)1/2 - 1 \quad (1)$$

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Perubahan Penutup Hutan Antara Tahun 2009-2015

Perubahan penutup hutan antara tahun 2009 dan tahun 2015 dapat dianalisis menggunakan bantuan *tool cross-tab* pada perangkat lunak IDRISI SELVA 17.0 seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 6** dan **Tabel 2**.

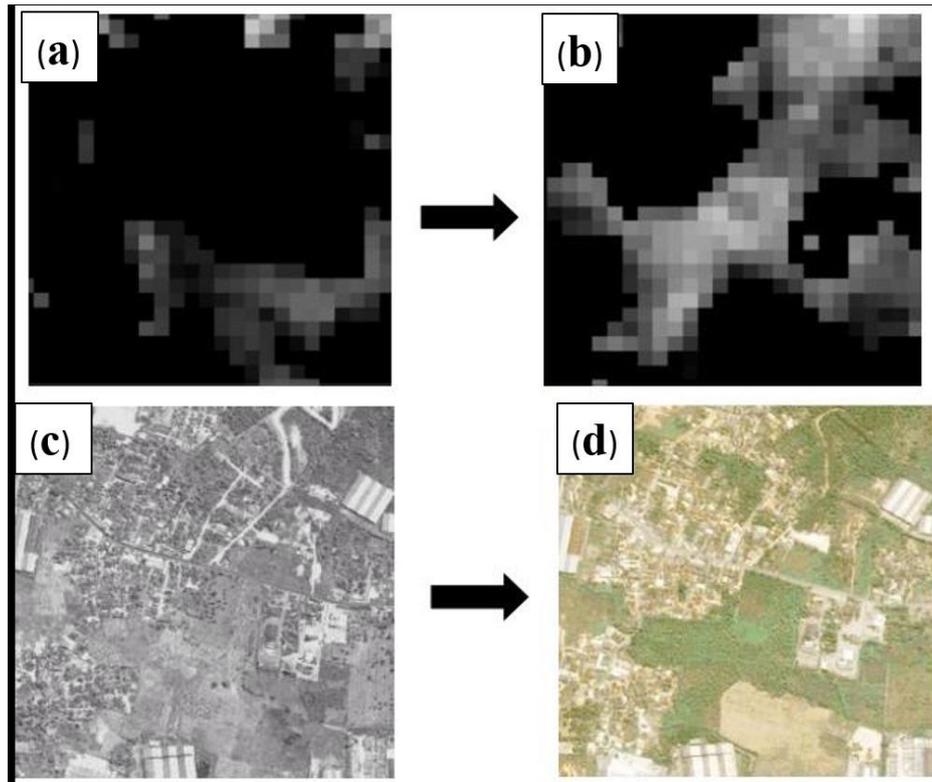


Gambar 6. Citra hasil analisis *cross-tab*. (a) menunjukkan daerah yang tidak berubah yaitu tetap merupakan daerah penutup non-hutan. (b) merepresentasikan perubahan ke arah degradasi yaitu penutup hutan berubah menjadi penutup non-hutan. (c) merepresentasikan perubahan dari daerah berupa penutup non- hutan menjadi daerah penutup hutan. (d) menunjukkan daerah yang tidak mengalami perubahan yaitu tetap berupa daerah penutup hutan.

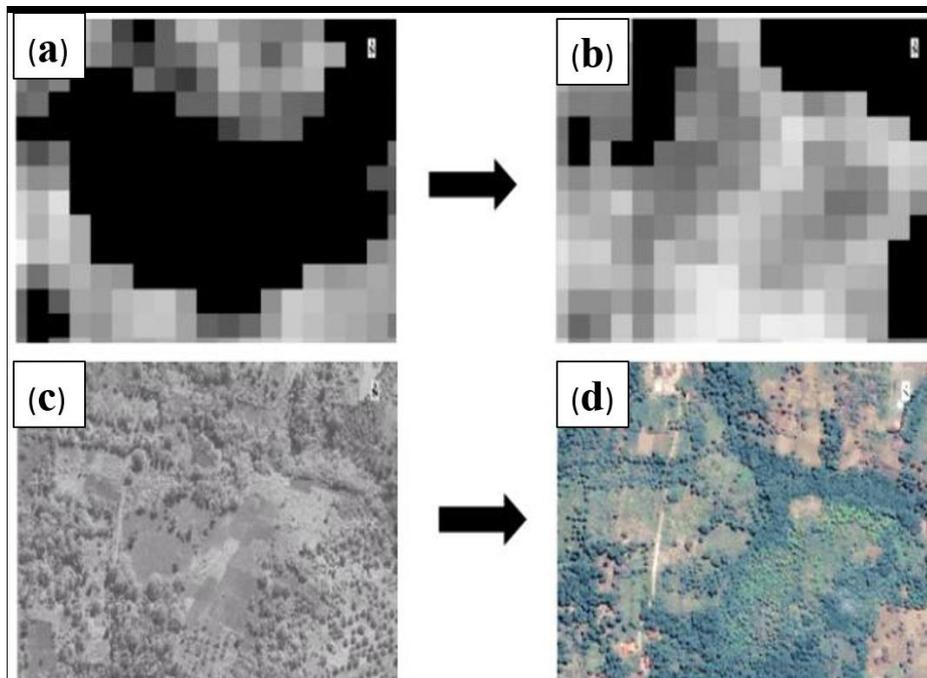
Tabel 2. Matriks *cross-tab*

Tahun 2015 \ Tahun 2009	Tutupan Non-Hutan	Tutupan Hutan
Tutupan Non-Hutan	10432,8 ha	2043,9 ha
Tutupan Hutan	681,12 ha	4758,75 ha

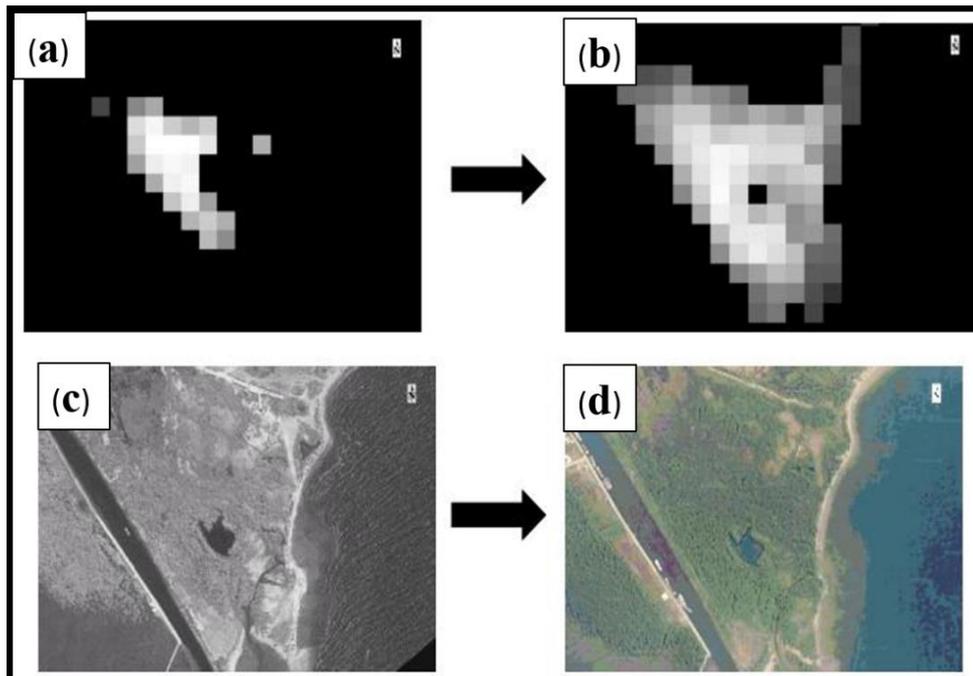
Pada **Tabel 2**, kolom merupakan tahun 2015 dan baris merupakan tahun 2009. Pada **Gambar 6** dapat diamati bahwa (a) menunjukkan daerah yang tidak berubah dimana baik tahun 2009 dan tahun 2015 tetap merupakan daerah penutup non-hutan. Begitupun (d) juga menunjukkan daerah yang tidak berubah dimana tahun 2009 dan tahun 2015 merupakan daerah penutup hutan. Sedangkan (b) merepresentasikan perubahan ke arah degradasi, dimana pada tahun 2009 berupa penutup hutan dan pada tahun 2015 berubah menjadi penutup non-hutan mencakup area dengan luas 2043,9 ha. Selain itu, perubahan dari daerah berupa penutup non- hutan menjadi daerah penutup hutan juga dapat diamati pada (c). Perubahan yang mengarah positif ini, mencakup area seluas 681,12 ha. Hal ini diidentifikasi kebenarannya menggunakan citra referensi yang ditunjukkan pada **Gambar 7**, **Gambar 8**, dan **Gambar 9**.



Gambar 7. Peningkatan persentase penutup hutan di kawasan permukiman. (a) citra FCD tahun 2009. (b) citra FCD tahun 2015. (c) citra Quickbird tahun 2009. (d) citra Google Earth tahun 2015.



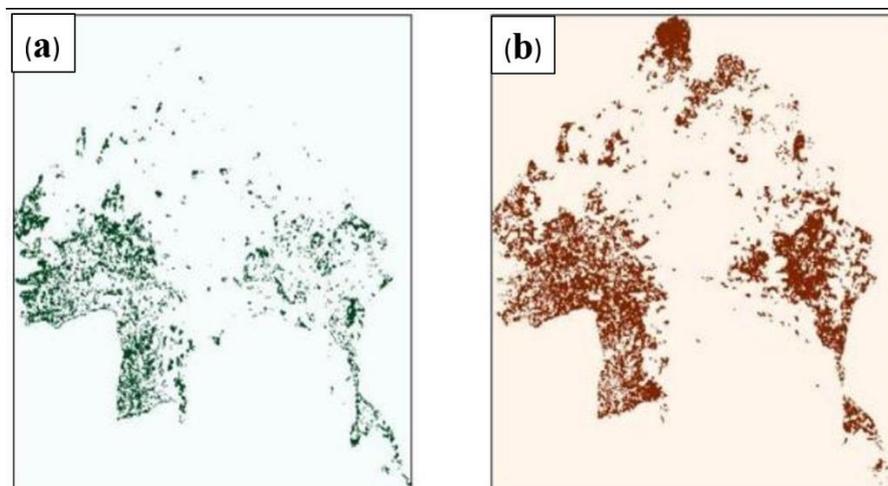
Gambar 8. Peningkatan persentase penutup hutan di kawasan hutan. (a) citra FCD tahun 2009. (b) citra FCD tahun 2015. (c) citra Quickbird tahun 2009. (d) citra Google Earth tahun 2015.



Gambar 9. Peningkatan persentase penutup hutan di kawasan pesisir. (a) citra FCD tahun 2009. (b) citra FCD tahun 2015. (c) citra Quickbird tahun 2009. (d) citra Google Earth tahun 2015

Dari **Gambar 7, 8, dan 9** dapat diamati bahwa terdapat reboisasi pada beberapa daerah di kawasan hutan, kawasan permukiman, dan kawasan pesisir, yaitu wilayah pertemuan atau peralihan antara daratan dan laut (Nontji, 2002).

3.2. Luas Degradasi Hutan



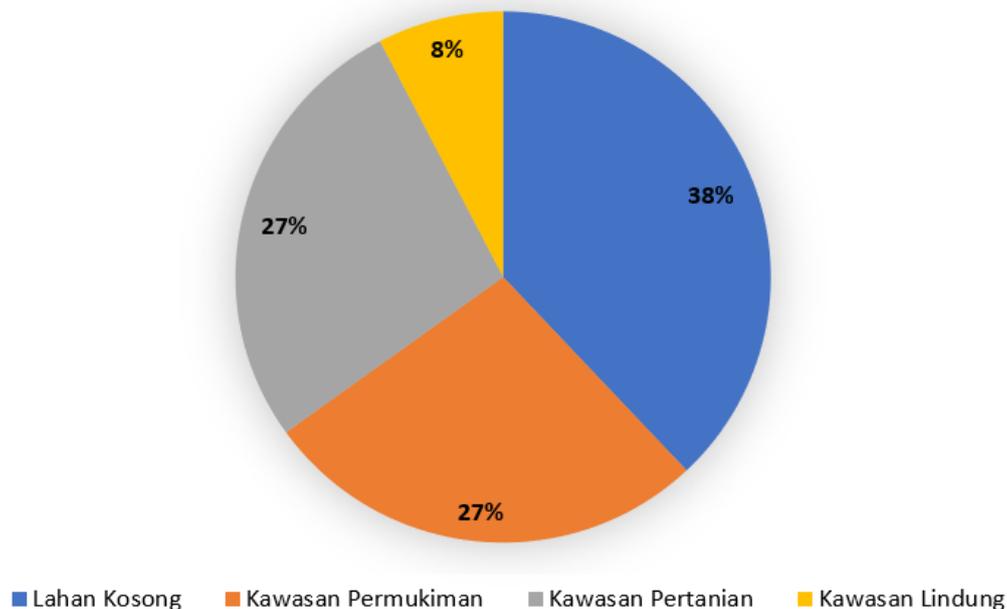
Gambar 10. Perubahan persentase penutup hutan. (a) daerah yang mengalami peningkatan persentase penutup hutan. (b) daerah yang mengalami penurunan persentase penutup hutan.

Dari **Gambar 10** dapat diamati bahwa untuk (a) merupakan daerah yang mengalami peningkatan persentase penutup hutan, sedangkan (b) merupakan daerah yang mengalami penurunan persentase penutup hutan. Pada tahun 2009, total luas penutup hutan di Kota Bandar Lampung sebesar 4859,76 ha (24,58%). Setelah dilakukan perhitungan, selama periode 2009 – 2015, diperoleh bahwa total terjadi peningkatan luas penutup hutan sebesar 490,52 ha dan total penurunan luas penutup hutan sebesar 1493,28 ha. Sehingga total luas degradasi penutup hutan di Kota Bandar Lampung antara tahun 2009 hingga tahun 2015 adalah 1002,75 ha atau sebesar 20,63% dari total luas penutup hutan yang tersisa pada tahun 2009. Sehingga, pada tahun 2015, total luas penutup hutan di Kota Bandar Lampung sebesar 3857,01 ha (19,39%).

3.3. Analisis Degradasi Penutup Hutan Berdasarkan Fungsi Lahan

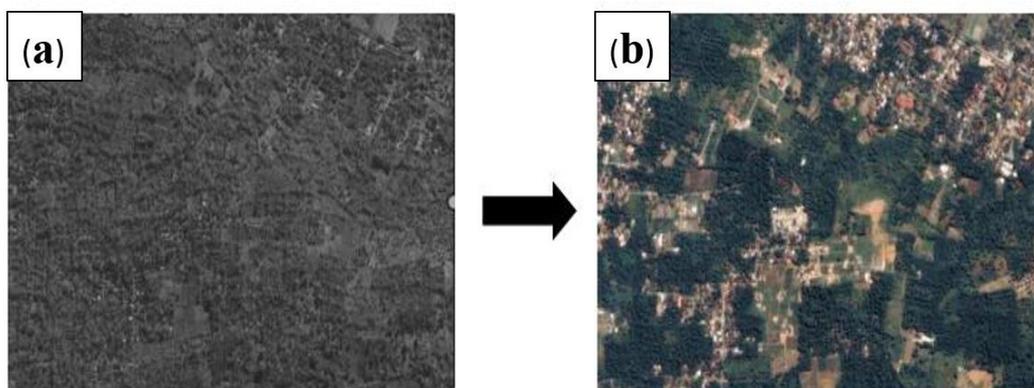
Analisis lebih mendalam dilakukan untuk mengetahui fungsi lahan dari kawasan yang mengalami penurunan persentase penutup hutan cukup tinggi. Dalam penelitian ini, kawasan pertanian didefinisikan sebagai lahan yang digunakan untuk memproduksi tanaman pertanian (Harsono, 2003). Kawasan permukiman didefinisikan sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan (Nursyahbani dan Pigawati, 2015). Kawasan lindung adalah wilayah yang ditetapkan dengan fungsi utama melindungi kelestarian lingkungan hidup yang mencakup sumber daya alam dan sumber daya buatan, sedangkan kawasan budi daya adalah wilayah yang ditetapkan dengan fungsi utama untuk dibudidayakan atas dasar kondisi dan potensi sumber daya alam, sumber daya manusia, dan sumber daya buatan seperti kawasan pertaniandan permukiman (UU No, 26 Tahun 2007). Lahan Kosong adalah merupakan lahan yang tidak tertutupi oleh bangunan, air, dan pepohonan di atasnya serta tidak memiliki penggunaan atau fungsi tertentu (As-syakur dkk., 2012).

Proporsi Degradasi Penutup Hutan Di Kota Bandar Lampung (2009-2015)

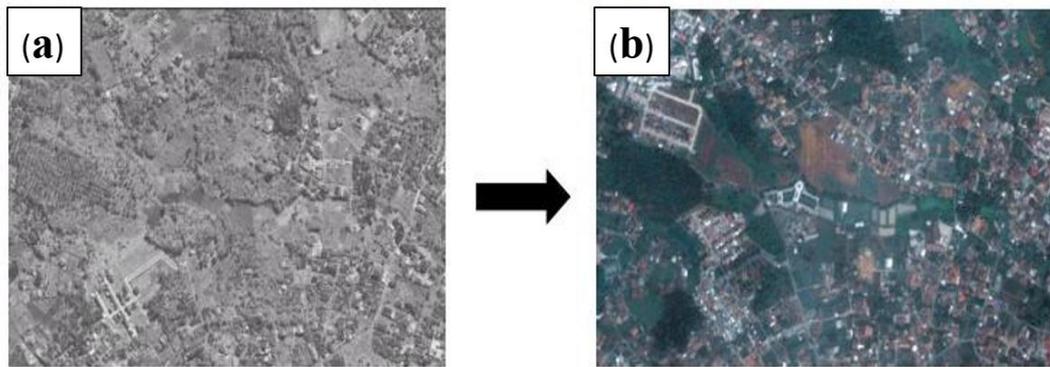


Gambar 11. Proporsi jenis penutup lahan yang mengalami degradasi penutup hutan antara tahun 2009-2015.

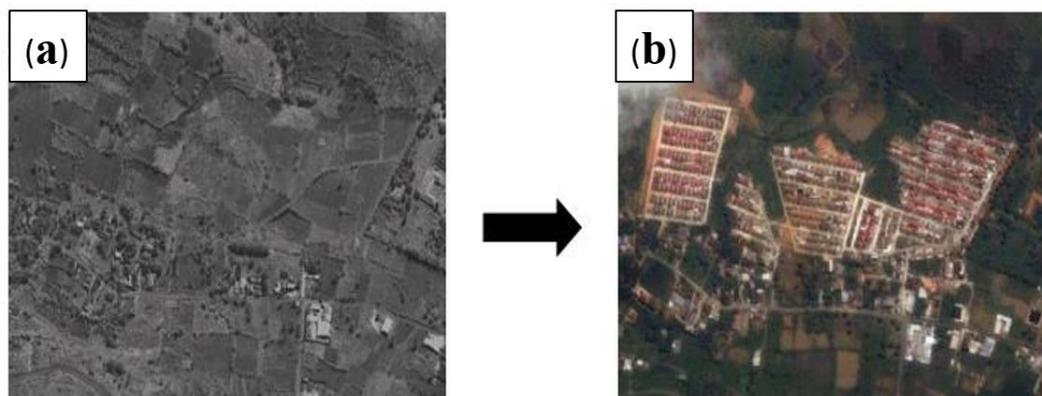
Hasil *overlay* citra perubahan FCD dan peta penutup lahan Kota Bandar Lampung menunjukkan bahwa area dengan fungsi lahan kosong mengalami degradasi sebesar 399,25 ha (-39,82%), kawasan permukiman mengalami degradasi sebesar 284,62 ha (-28,38%), kawasan pertanian mengalami degradasi sebesar 287,28 ha (-28,65%), dan kawasan lindung mengalami degradasi sebesar 79,94 ha (-7,97%). Selain itu, sebesar 48,35 ha (+4,82%) yang berupa fungsi lahan lainnya mengalami peningkatan persentase penutup hutan.



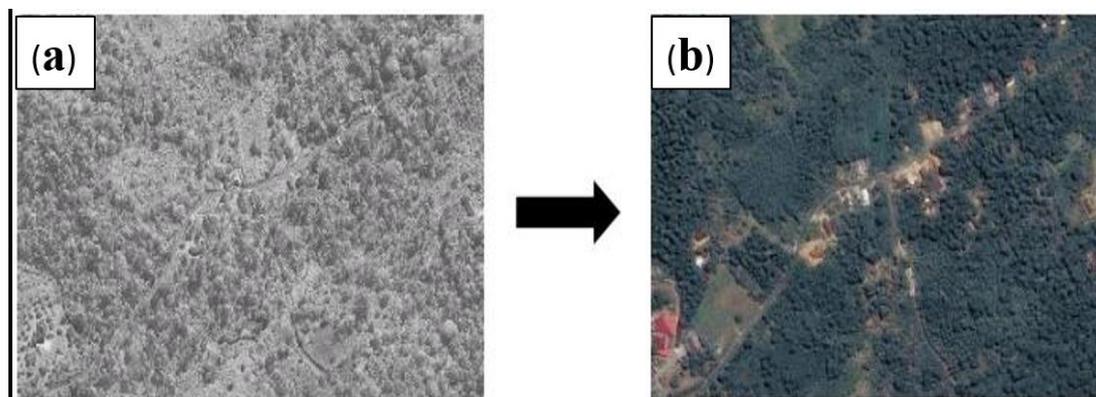
Gambar 12. Degradasi hutan pada fungsi lahan kosong di Kecamatan Kemiling. (a) citra Quickbird tahun 2009 dan (b) citra Google Earth tahun 2015.



Gambar 13. Degradasi hutan pada fungsi lahan permukiman di Kecamatan Labuhan Ratu. (a) citra Quickbird tahun 2009 dan (b) citra Google Earth tahun 2015.



Gambar 14. Degradasi hutan pada fungsi lahan pertanian di Kecamatan Kemiling. (a) citra Quickbird tahun 2009 dan (b) citra Google Earth tahun 2015.



Gambar 15. Degradasi hutan pada fungsi lahan kawasan lindung di Kecamatan Teluk Betung Barat. (a) citra Quickbird tahun 2009 dan (b) citra Google Earth tahun 2015.

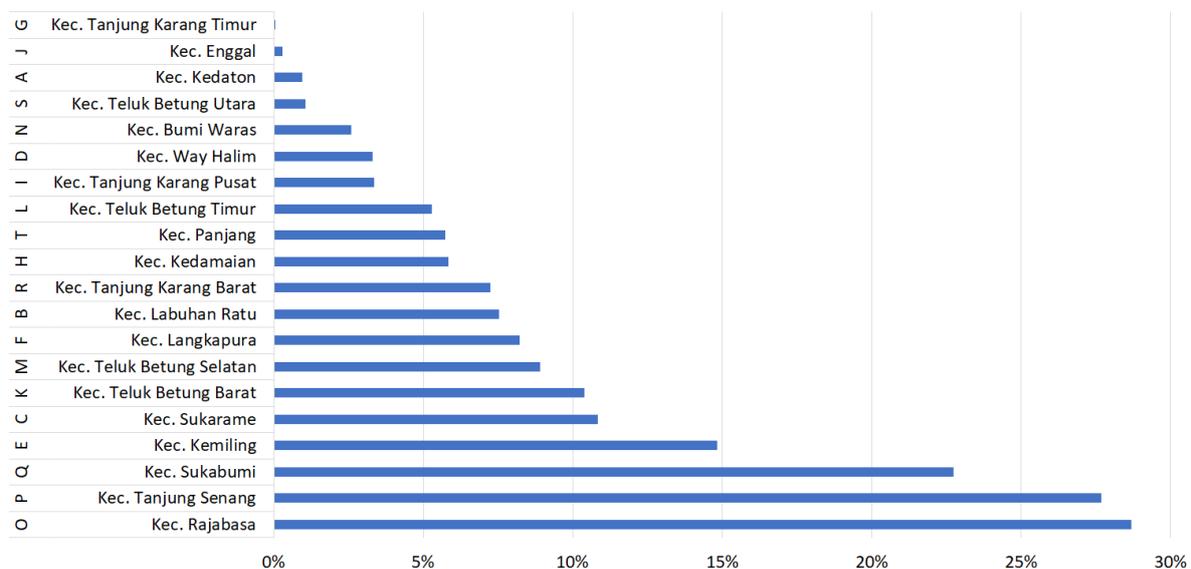
Gambar 12, 13, 14, dan 15 merupakan contoh penurunan persentase penutup hutan pada fungsi lahan kosong, permukiman, pertanian dan kawasan lindung di beberapa kecamatan di Kota Bandar Lampung. Berdasarkan perhitungan diperoleh bahwa penutup hutan di Kota Bandar Lampung telah mengalami penurunan sebesar 1002,75 ha atau 20,63% dalam rentang tahun 2009 hingga 2015 (6 tahun). Menurut Harjasa dkk (2016), degradasi ini mengindikasikan bahwa perubahan penutup lahan yang terjadi di Kota Bandar Lampung berada pada kategori tahap penetrasi, yaitu perubahan yang ada memiliki proporsi 0% sampai 25%. Pada tahap ini terjadi penerobosan fungsi lahan baru ke dalam suatu fungsi lahan yang homogen. Kendati demikian, perubahan yang terjadi belum masuk ke dalam kategori tahap invasi yaitu memiliki proporsi perubahan sebesar 25% sampai 50%. Pada tahap invasi ini terjadi serbuan fungsi lahan baru yang lebih besar dari tahap penetrasi tetapi belum mendominasi fungsi lama.

Meskipun perubahan penutup hutan yang terjadi di Kota Bandar Lampung dinilai cukup besar, satu hal yang perlu diapresiasi adalah sebagian besar perubahan yang terjadi berada pada kawasan budi daya (lahan kosong, permukiman, dan pertanian) yaitu 92,03% sedangkan pada kawasan lindung hanya sebesar 7,97%. Namun hal ini harus diwaspadai, sebab perubahan ini dapat meningkatkan intensitas kegiatan yang dapat mengurangi daya tampung dan menurunkan kualitas ruang kota pada kawasan tersebut. Selain itu, perubahan pada kawasan lindung ini juga dapat menjadi peringatan awal terhadap pemerintah daerah untuk selalu mengawasi segala kegiatan yang dilaksanakan pada kawasan lindung. Hal ini perlu dilakukan mengingat berdasarkan Undang-Undang No. 41 Tahun 2009 tentang Kehutanan menyatakan bahwa suatu wilayah yang memiliki kawasan hutan dibawah 30% dari luas wilayahnya dilarang untuk merubah kawasan hutan menjadi kawasan terbangun serta diwajibkan untuk menambah kawasan hutannya. Hal yang sama pun disebutkan dalam Peraturan Pemerintah No. 104 Tahun 2015 tentang Tata Cara Perubahan Peruntukan dan Fungsi Kawasan Hutan, bahwa suatu provinsi tidak bisa mengkonversi suatu lahan hutan apabila luasan hutan di provinsi tersebut kurang atau sama dengan 30% dari luas wilayahnya.

3.4. Analisis Degradasi Penutup Hutan Berdasarkan Wilayah Administrasi Kecamatan

Analisis secara komprehensif dilakukan untuk mengamati degradasi penutup hutan pada setiap kecamatan di Kota Bandar Lampung. Dalam penelitian ini, proporsi degradasi penutup hutan diklasifikasikan menjadi 3 kelas yaitu kelas rendah (0%-5%), sedang (5%-10%), dan tinggi (>10%). Pada **Gambar 16**, dapat diamati bahwa (G) Tanjung Karang Timur, (J) Enggal, (A) Kedaton, (S) Teluk Betung Utara, (N) Bumi Waras, (D) Way Halim, dan (I) Tanjung Karang Pusat mengalami degradasi rendah. (L) Teluk Betung Timur, (T) Panjang, (H) Kedamaian, (R) Tanjung Karang Barat, (B) Labuhan Ratu, (F) Langkapura, dan (M) Teluk Betung Selatan mengalami degradasi sedang. Sedangkan (K) Teluk Betung Barat, (C) Sukarame, (E) Kemiling, (Q) Sukabumi, (P) Tanjung Senang, dan (O) Rajabasa mengalami degradasi tinggi. Secara keseluruhan terdapat 7 kecamatan mengalami degradasi rendah, 7 kecamatan mengalami degradasi sedang, dan 6 kecamatan mengalami degradasi tinggi.

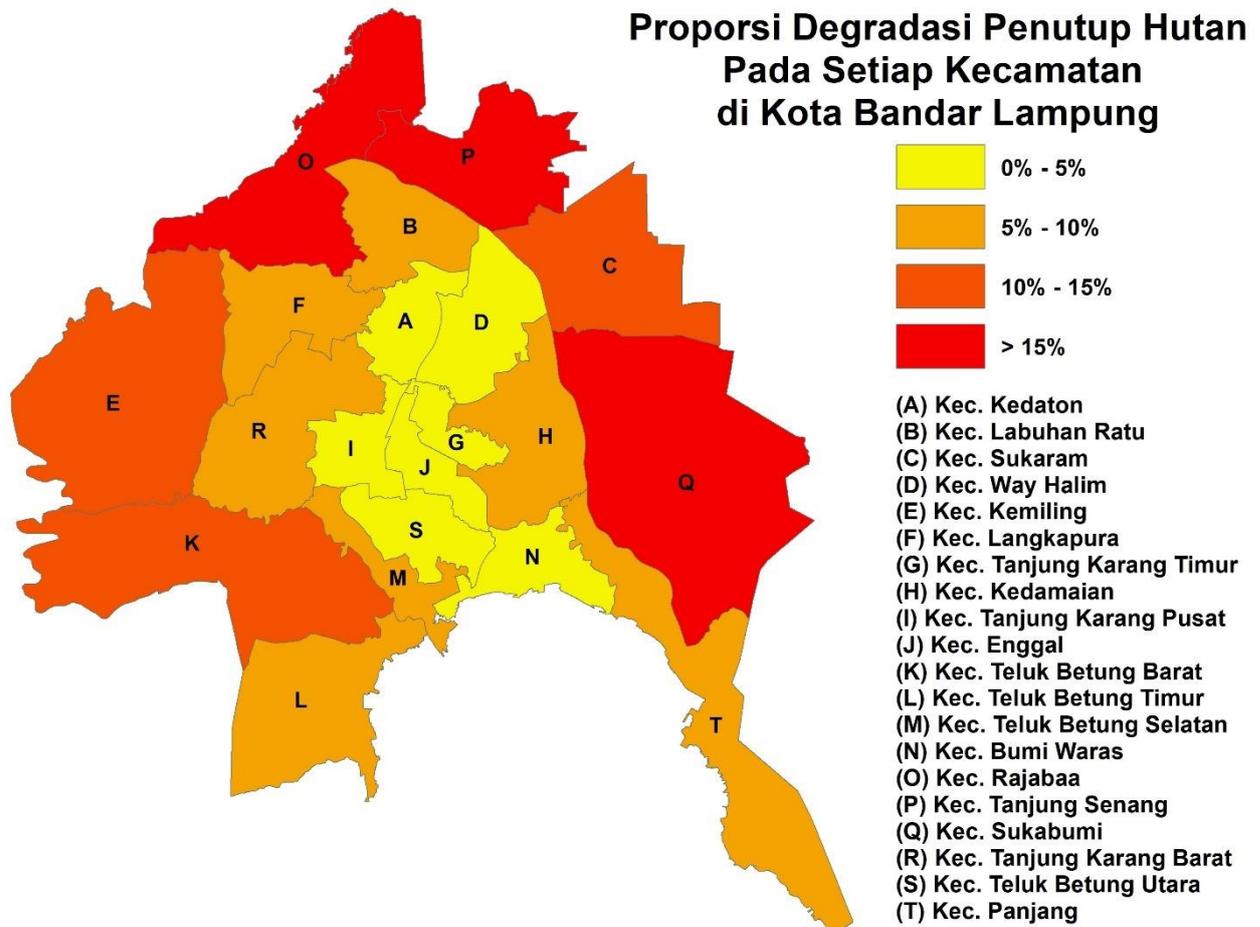
Proporsi Degradasi Penutup Hutan Setiap Kecamatan



Gambar 16. Proporsi degradasi penutup hutan di setiap kecamatan terhadap total luas wilayah masing-masing.

Pola spasial degradasi penutup hutan di Kota Bandar Lampung dapat diamati pada Gambar 17. Kecamatan yang mengalami degradasi rendah teramati berada pada pusat kota yang didefinisikan sebagai zona perdagangan dan jasa. Pada zona ini, terdapat jalan-jalan utama, pusat perdagangan dan pusat perkantoran yang cukup padat sehingga tidak banyak terjadi alih fungsi lahan. Kecamatan yang mengalami degradasi sedang teramati pada bagian luar pusat kota yang didefinisikan sebagai zona permukiman 1. Pada zona ini umumnya didominasi oleh perumahan warga yang relatif tidak begitu banyak mengalami perubahan. Sedangkan kecamatan yang mengalami degradasi tinggi berada pada wilayah terluar yang didefinisikan sebagai zona permukiman 2. Pada zona ini didominasi oleh perumahan-perumahan baru sebagai konsekuensi dari meningkatnya jumlah penduduk. Secara keseluruhan dapat diamati bahwa telah terjadi ekspansi lahan permukiman di Kota Bandar Lampung terutama pada kecamatan-kecamatan yang berada pada zona terluar kota. Hal ini mengindikasikan telah

terjadinya urban sprawl, yaitu perkembangan kota yang terjadi secara acak, tidak terencana, dengan melibatkan konversi lahan di daerah pinggiran (Hanief dan Dewi, 2014).



Gambar 17. Visualisasi secara spasial proporsi degradasi penutup hutan berdasarkan luas wilayah pada setiap kecamatan di Kota Bandar Lampung.

IV. KESIMPULAN

Total luas degradasi penutup hutan Kota Bandar Lampung dari tahun 2009 hingga tahun 2015 sebesar 1002,75 ha. Secara keseluruhan degradasi terjadi pada kawasan budi daya yaitu mencapai 92,03% dari total luas degradasi, sedangkan pada kawasan lindung hanya sebesar 7,97%. Hasil analisis spasial menunjukkan bahwa Kota Bandar Lampung mengalami *urban sprawl*, yang ditandai dengan tingginya tingkat degradasi penutup hutan pada 6 kecamatan terluar yaitu Kec. Teluk Betung Barat, Kec. Sukarame, Kec. Kemiling, Kec. Sukabumi, Kec. Tanjung Senang, dan Kec. Rajabasa. Rekomendasi yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah Model FCD dapat menjadi metode alternatif yang efektif dan efisien dalam proses perencanaan, pengawasan, hingga evaluasi pola ruang suatu wilayah terutama terkait dengan eksistensi kawasan lindung di suatu kawasan perkotaan. Model FCD juga dapat diaplikasikan untuk menghitung daya dukung lingkungan dan daya tampung lingkungan di kawasan perkotaan baik pada tahap perencanaan maupun pada tahap evaluasi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Pada tahap pengawasan dan evaluasi, apabila perubahan penutup hutan mengindikasikan perubahan fungsi lahan, maka Model FCD juga dapat dimanfaatkan sebagai studi pendahuluan untuk menilai sejauh mana perubahan fungsi lahan telah terjadi di suatu kawasan perkotaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akike, S & Samanta, S. (2016). Land use / land cover and forest canopy density monitoring of Wafi-Golpu Project Area, Papua New Guinea. *Journal of Geoscience and Environment Protection* 4, 1-14.
- As-syakur, A. R., Adnyana, I. W. S., Arthana, I. W., & Nuarsa, I. W. (2012). Enhanced built-up and bareness index (EBBI) for mapping built-up and bare land in an urban area. *Remote Sensing* 4, 2957-2970.
- Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung. (2015). Lampung Dalam Angka 2015.

- Banarjee, K., Panda, S., Bandyopadhyay, J., & Jain, M. K. (2014). Forest canopy density mapping using advance geospatial technique. *International Journal of Innovative Science, Engineering, & Technology* 1(7), 358-363.
- Center for International Forestry Research (CIFOR). (2010). Pedoman CIFOR tentang hutan, perubahan iklim dan REDD. *Center for International Forestry Research. Consultative Group on International Agricultural Research.*
- Guo, Y. & Zeng, F. (2012). Atmospheric correction comparison of SPOT-5 IMAGE based on Model FLAASH and Model QUAC. *Proceedings of 21st International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Congress XXXIX B7* (pp. 7-11). Melbourne, Australia.
- Hadi, F., Wikantika, K., & Sumarto, I. (2004). Implementation of forest canopy density model to monitor forest fragmentation in Mt. Simpang and Mt. Tilu Nature Reserves, West Java, Indonesia. *3rd FIG Regional Conference* (pp. 1-9). Jakarta, Indonesia.
- Hanief, F., & Dewi, S. P. (2014). Pengaruh urban sprawl terhadap perubahan bentuk Kota Semarang ditinjau dari perubahan kondisi fisik Kelurahan Meteseh Kecamatan Tembalang. *Jurnal Ruang* 2(1), 341-350.
- Harjasa, P., Zulkaidi, D., & Ekomadyo, A. S. (2016). Pengaruh perubahan guna lahan dan intensitas guna lahan terhadap kualitas ruang kota. *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI* (pp. 105-110). Malang, Indonesia.
- Harsono, B. (2003). *Hukum Agraria Indonesia, Sejarah Pembentukan Undang-Undang Pokok Agraria, Isi dan Pelaksanaannya*. Djambatan: Jakarta.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *Climate Change 2014, Synthesis Report, Summary for Policymakers*. United Nations.
- Japan Overseas Forestry Consultants Association (JOFCA). (1996). Utilization of remote sensing in site assessment and planning for rehabilitation of logged-over forest (Project Report on PO 32/93 Rev.2 (F)). *International Tropical Timber Organization.*
- Jennings, S., Brown, N., & Sheil, D. (1999). Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. South Parks Road, Oxford, England: Oxford Forestry Institute.
- Kormos, C. F., Mackey, B., DellaSala, D. A., Kumpe, N., Jaeger., Mltermeler, R. A., dan Fllardi, C. (2017). Primary forests: definition, status and future prospects for global conservation. *In Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences* (pp. 1-11).
- Kumar, J., Talwar, P., & Krishna, A.P. (2015). Forest canopy and ASTER DEM based study for dense forest investigation using remote sensing and GIS techniques around East Shighbhum in Jharkhand, India. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS* 4(1), 1026-1032.
- National Research Council (NRC). (2000). *Global Change Ecosystems Research*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Nontji, A. (2002). *Laut Nusantara*. Djambatan: Jakarta.
- Nursyahbani, R., & Pigawati, B. (2015). Kajian karakteristik kawasan pemukiman kumuh di kampung kota (Studi kasus: Kampung Gandekan Semarang). *Jurnal Teknik PWK* 4(2), 267-281.
- Oke, T. R. (1987). *Boundary Layer Climates*. Taylor & Francis e-Library.
- Ozbakir, A., & Bannari, A. (2008). Performance of TDVI in urban use/cover classification for quality of place measurement. *Proceedings of The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXVII part B7* (pp.691-694). Beijing, China.
- Pandian, M & Nandhini, R. (2016). Forest canopy density and ASTER DEM based study for dense forest investigation using remote sensing and GIS Techniques. *International Journal of Research in Environmental Science and Technology* 6(1), 1-4.
- Peraturan Pemerintah Nomor 104 Tahun 2015 tentang Tata Cara Perubahan Peruntukan dan Fungsi Kawasan Hutan.
- Puspitojati, T. (2011). Persoalan definisi hutan dan hasil hutan dalam hubungannya dengan pengembangan HHBK melalui hutan tanaman. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan* 8(3), 210 – 227.
- Ranasinghe, W. C., & Hemakumara, G. P. T. S. (2018). Spatial modelling of the householders' perception and assessment of the potentiality to improve the urban green coverage in residential areas: A case study from Issadeen Town Matara, Sri Lanka. *Ruhana Journal of Science* 9, 44-56.
- Rikimaru, A., Roy, P. S., & Miyatake, S. (2002). Tropical forest cover density mapping. *International Society for Tropical Ecology*, 43(1), 39-47.
- Sabins, F. F. (2007). *Remote Sensing (Principles and Interpretation 3rd Edition)*. Long Grove. Illinois: Waveland Press.
- Santamouris, M. (2015). *Regulating the damaged thermostat of the cities-Status, impacts and mitigation challenges*. *Energy and Buildings*, 91, 43-56.
- Siahaan, J. (2010, Juni-Juli). Ruang Publik : Antara Harapan dan Kenyataan. *Buletin Tata Ruang Edisi IV*.
- Soenarmo, S. H. (2009). *Penginderaan Jauh dan Pengenalan Sistem Informasi Geografis Untuk Bidang Ilmu Kebumihan*. Institut Teknologi Bandung.

- Stone, B., & Norman, J. M. (2006). Land use planning and surface heat island formation: A parcel-based radiation flux approach. *Atmospheric Environment* 40, 3561–3573
- Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang.
- Undang-Undang Nomor 41 Tahun 2009 tentang Kehutanan.
- United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). (2011). *Global Report on Human Settlements - Cities and Climate Change*. London & Washington, DC: Earthscan.