

# APLIKASI PENGINDERAAN JAUH UNTUK MONITORING PERUBAHAN TATA RUANG: STUDI KASUS KOTA METRO LAMPUNG

Mochamad Firman Ghazali<sup>1\*)</sup>, Mamad Sugandi<sup>2</sup>, Aqilla Fitdhea Arnesta<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung,

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

<sup>\*)</sup>E-mail: [firman.ghazali@eng.unila.ac.id](mailto:firman.ghazali@eng.unila.ac.id)

**ABSTRAK** – Relasi kota - desa dapat dilihat berdasarkan struktur ruang di kedua wilayah tersebut. Perbedaan yang terdapat di dalamnya mengakibatkan adanya kemampuan untuk saling melengkapi kebutuhan keduanya. Namun, dengan Paper ini menyajikan sebuah deskripsi aplikasi penggunaan penginderaan jauh (Landsat 8) untuk monitoring perubahan stuktur ruang dari perubahan status administratif kota Metro yang semula merupakan bagian dari Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung. Informasi yang disajikan diolah berdasarkan pengamatan multi waktu data penginderaan jauh pada tahun 1990, 2000, 2010 dan 2020 yang diolah dengan metode klasifikasi terbimbing jarak terdekat (minimum distance) dan deteksi perubahan (change detection). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa adanya kecenderungan terjadinya perubahan penggunaan lahan selama periode pengamatan. Diantaranya terjadi peningkatan lahan terbangun. Terkait khusus dengan ketersediaan lahan sawah, sebanyak sebanyak 65% lahan sawah telah dikonversi. Sementara itu, lahan terbangun bertambah kurang lebih 4 kalinya dari tahun 1990 sampai 2020. Disamping itu, estimasi *doubling time* menunjukkan bahwa perlu waktu 60 tahun untuk lahan sawah di Kota Metro, habis tersisa 1000 hektar.

**Kata kunci:** Struktur Ruang, Kota Metro, Lahan Sawah, *Minimum Distance*, *Doubling Time*

**ABSTRACT** - The urban-rural relationship can be seen based on the spatial structure in both regions. The differences contained in it resulted in the ability to complement each other's needs. However, changing the administrative status of an area from a rural to an urban area will cause an increase in built-up areas, a reduction in open green space, and disruption to the carrying capacity of agricultural land in providing food for its residents. This paper presents a description of the change in spatial structure caused by a changing in the administrative status of the city of Metro which was initially part of Lampung Tengah Regency, Lampung Province. The information presented is processed based on multi-time observations of remote sensing data in 1990, 2000, 2010 and 2020, which are processed using the minimum distance and change detection. The results obtained indicate that there is a tendency for changes in land use during the observation period. Among them is an increase in built-up land. With regard to the availability of rice fields, as much as 65% of the paddy fields have been converted. This means that the change in administrative status from a sub-district to a city indicates a significant impact on the loss of paddy fields in Metro City. Meanwhile, the constructed land increased approximately 4 times from 1990 to 2020. In addition, the doubling time estimate shows that it took 60 years for paddy fields in Metro City to run out of 1000 hectares.

**Keywords:** Spatial structure, Kota Metro, Paddy fields, Minimum Distance, Doubling time

## 1. PENDAHULUAN

Corak agraris seperti adanya kegiatan pertanian, pariwisata, dan kehutanan yang dominan dengan distribusi kawasan permukiman yang relatif kecil. Kondisi tersebut akan berganti menjadi kawasan pemukiman yang dominan (Food and Agriculture Organization, 2018). Banyak dokumentasi yang menjelaskan bagaimana perubahan corak wilayah dari rural ke urban. Perubahan penggunaan lahan pertanian dan pemukiman menjadi indikator utama yang digunakan. Di banyak negara Eropa, perubahan kedua indikator tersebut dijelaskan dalam konsep *urban sprawl*. Dimana sejumlah negara Eropa bagian barat termasuk Belanda, Jerman dan Inggris menjadi yang terbesar mengalami gejala *urban sprawl* dengan cepat (European Environment Agency & Federal Office for the Environment, 2016). Lebih rinci lagi, Oueslati et al., (2015) menyampaikan bahwa beberapa kota di Eropa mengalami penambahan luas wilayah pemukiman dari tahun 1990-2006 sebanyak 16-27% dari luas wilayah administratifnya. Artinya, ada di wilayah tersebut dengan jenis penggunaan lahan diluar pemukiman yang telah mengalami konversi menjadi pemukiman.

Studi yang dilakukan oleh Ustaoglu & Williams, (2017) menyebutkan bahwa konversi lahan pertanian menjadi pemukiman, industri, dan destinasi wisata, di banyak negara di Eropa mencapai 10.5%, 1%, 10.5%, pada tahun 2000-2006. Dimana perubahan tersebut terjadi karena adanya pengaruh dari kondisi fisik (landscape), kebijakan politik dan faktor sosial – ekonomi (Ustaoglu & Williams, 2017). Namun, dari kondisi tersebut perlu diperhatikan bahwa pada rentang 6 tahun, telah terjadi perubahan lahan pertanian menjadi non pertanian sebanyak 22%. Jumlah yang relatif tidak sedikit, tetapi juga berpengaruh pada kemampuan desa di dalam menghasilkan produk pangan. Karena secara global, pembangunan di desa terkait dengan pengembangan pertanian, serta erat dengan tujuan ke-2 dalam *sustainable development goals (SDGs)* (Klaus, 2018; United Nations, 1992, 2013).

Di Indonesia, perkembangan sejumlah kota-kota besar yang terindikasi mengalami *urban sprawl* menunjukkan gejala yang relatif sama dengan di Eropa. Perkembangan yang terjadi di BOTABEK (Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi) berdasarkan studi yang dilakukan oleh Nurrokhman, (2019); Prasetyo et al., (2016) bahwa telah terjadi penambahan luas wilayah terbangun pada tahun 1989, 2000 dan 2014 sebanyak 5,93 %, 11,99% dan 25,73% dari keseluruhan luas wilayah Bodetabek. Diperkuat oleh Robbany et al., (2019), di area yang sama terdapat lebih dari 61% lahan terbangun pada tahun 2015. Dua kondisi tersebut senada dengan apa yang terjadi di Ibukota Provinsi Jawa barat, yaitu Kota Bandung. Dilihat dari faktor urbanisasi dan ruang terbuka hijau, pada tahun 2001 telah terjadi penambahan area terbangun sebanyak 62%, sehingga hanya menyisakan 38% area terbuka hijau (Putri & Zain, 2010), termasuk didalamnya lahan sawah di bagian timur kota Bandung. Dampak yang terlihat dari adanya *urban sprawl* adalah berkurangnya lahan pertanian, terutama sawah (Christiawan, 2019), dengan besaran luas area, distribusi dan faktor penyebabnya yang bervariasi (Kusrini et al., 2011; Ramlan & Rudiarto, 2015). Namun, berdasarkan hasil analisa yang dilakukan oleh Kusrini et al., (2011), diketahui bahwa jumlah penduduk pendatang mempunyai pengaruh yang cukup tinggi pada terjadinya konversi lahan.

Kontribusi dari penggunaan teknologi dan data penginderaan jauh, dimulai dari deteksi perubahan tutupan dan penggunaan lahan, perluasan dan arah perkembangan kota berdasarkan wilayah urban. Keterkaitan secara spasial menjadi subjek analisis yang penting. Dari data citra satelit Landsat yang diintegrasikan dengan *nighttime light data* dan data sosio-ekonomi (Hasan et al., 2019), data citra satelit Landsat dengan sistem informasi geografis (SIG) yang diolah dengan klasifikasi terbimbing dan *change detection* (Wakode et al., 2013), juga dampaknya terhadap ketahanan pangan juga tidak luput dari perhatian (Hatab et al., 2019; Irham, 2012). Sementara, Surya et al., (2020) memperhatikan perubahan penggunaan lahan untuk pembangunan berkelanjutan dengan citra resolusi tinggi dari *Google earth*.

Mempertimbangkan luasnya aplikasi data penginderaan jauh terkait dengan dinamika wilayah urban, dalam studi ini fokus kajian akan dititikberatkan pada bagaimana perkembangan sebuah kota kecil, berkontribusi terhadap terjadinya perubahan tutupan dan penggunaan lahan, terutama pada lahan sawah. Serta, bagaimana relasinya terhadap perubahan demografi wilayah dan kondisi sosial ekonomi dari Kota Metro yang berpenduduk 167.411 jiwa (Badan Pusat Statistik, 2020), yang dapat memberikan dampak sosio ekonomi bagi wilayah tersebut. Seperti yang telah diketahui, bahwa Kota Metro merupakan satu dari dua kota yang berada di Provinsi Lampung. Dibentuk pada tahun 1999 melalui Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 1999 (Republik Indonesia, 1999). Usianya saat ini masih terbilang muda, namun didalam perjalanannya sebagai kota baru tentunya membutuhkan lahan yang cukup luas. Kebutuhan lahan untuk pembangunan kompleks pemerintahan, perumahan, ruang terbuka hijau (RTH) dan antisipasi bertambahnya area terbangun lainnya sebagai akibat dari perubahan status dari kota administratif menjadi kota. Karakteristik sebagai Kota Metro yang semula sebagai sebuah wilayah rural, secara perlahan akan berubah menjadi wilayah urban. Sehingga corak agraris yang dimilikinya akan perlahan berkurang atau bahkan hilang.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Perubahan tutupan, penggunaan lahan dan perubahannya

Tutupan lahan (*land cover*) dan penggunaan lahan (*land use*) merupakan dua konsep yang mempunyai keterkaitan erat, namun mempunyai perbedaan dalam penggunaannya. Tutupan lahan merujuk pada semua objek menutupi dan berada di permukaan tanah, namun bersifat alamiah. Seperti, hutan dan danau. Distribusi dan luas area yang ditutupi oleh hutan, rawa, lahan pertanian dan danau atau tubuh air lainnya adalah ruang

lingkup dari tutupan lahan. Sementara, penggunaan lahan menunjukkan pada bagaimana lahan tersebut digunakan. Apakah lahan pertanian tersebut digunakan untuk membudidayakan padi, jagung atau sayuran?. Informasi keduanya bersumber dari sumber data yang berbeda, data satelit penginderaan jauh mempunyai kapabilitas didalam menyediakan lokasi, distribusi dan luas dari tutupan lahan (Hansen & Loveland, 2012). Sementara sumberdata yang bersifat multi-dimensional, seperti spasial, temporal, ekologis and sosio-ekonomi dimensions berguna sebagai dalam penyusunan *data base* penggunaan lahan dengan sistem informasi geografis (Danoedoro, 2019).

Tutupan lahan terbentuk secara alamiah, namun rentan mengalami perubahan. Studi yang dilakukan Mathewos, (2019), mencoba memaparkan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya perubahan tutupan lahan. Motivasi ekonomi seperti melakukan deforestasi untuk ekstensifikasi lahan pertanian, ladang berpindah, perkebunan, kebutuhan pemukiman baru dan pemenuhan kebutuhan energi. Lain halnya dengan wilayah rural, untuk di wilayah urban perubahan tutupan lahan lebih disebabkan oleh adanya urbanisasi dan peningkatan area pemukiman (Nurrokhman, 2019; Prasetyo et al., 2016; Robbany et al., 2019; Wu et al., 2016).

## 2.2 *Urban sprawl* dan ketahanan pangan

Review yang Hatab et al., (2019) lakukan bahwa urbanisasi, penambahan penduduk, ketersediaan sumber air, kondisi dari tutupan lahan dan penggunaan lahan, ketersediaan lahan pertanian, peternakan dan ketahanan pangan sudah menjadi isu tersendiri dalam membahas *urban sprawl*. Meskipun diluar kondisi politik juga bisa berpengaruh (Ustaoglu & Williams, 2017), seperti terjadinya perubahan status administratif wilayah dari tingkat yang rendah ke tingkat yang lebih tinggi (dari kota administratif menjadi kota).

Perubahan status dari kota Metro sebagai kota administratif menjadi kota, secara spasial dan ekologis juga merubah karakteristik Kota Metro dari yang semula sebagai wilayah rural yang kental dengan ciri agrarisnya, menjadi wilayah urban yang dominan dengan lahan terbangun untuk pemukiman. Tentunya, perubahan tersebut berdampak pada peningkatan penggunaan sumberdaya pangan, air, dan tempat tinggal (*resource use*) namun sementara kemampuan lahan pertanian untuk menghasilkan produk pangan (*agricultural production*) terganggu, sehingga ketahanan pangan (*food security*) dari Kota Metro akan terganggu. Tiga komponen tersebut yang disajikan secara konseptual pada proses *urban sprawl* menurut Hatab et al., (2019).

Gejala *urban sprawl* secara visual melalui interpretasi data citra satelit penginderaan jauh sangat direkomendasikan. Tidak hanya informasi terkait dengan bertambahnya area pemukiman, namun atribut terkait dengan perubahan luas, jenis tutupan lahan yang mengalami perubahan, rasio dari setiap jenis tutupan lahan baik yang mengalami perubahan, maupun yang tetap tidak mengalami perubahan, sampai pada prediksi dari kondisi tutupan lahan untuk masa yang akan datang bisa dilakukan. Sehingga pertanyaan mengenai ketersediaan lahan sawah sebagai bagian dari ketahanan pangan di Kota Metro dapat dijawab dengan baik.

## 2.3 Dampak Sosio-Ekonomi Berdasarkan Data Penginderaan Jauh

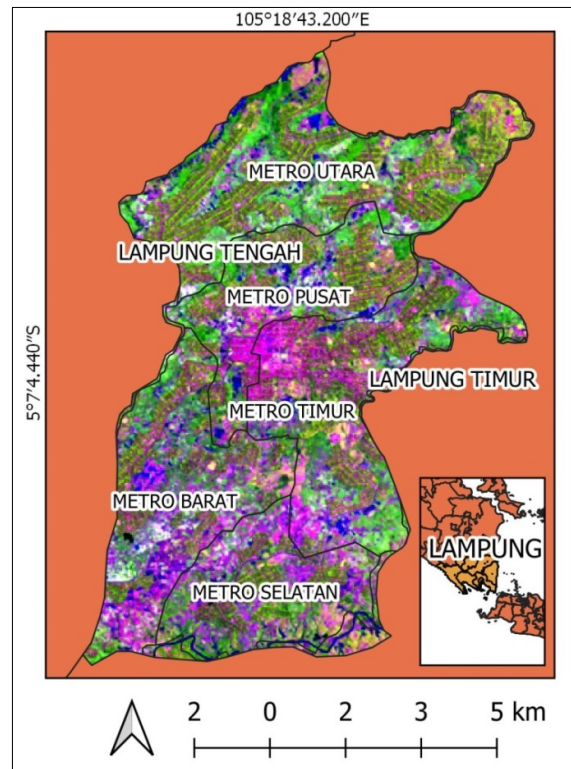
Warth et al., (2020) menyampaikan kapabilitas data satelit resolusi tinggi untuk identifikasi indikator sosio-ekonomi di wilayah kota. Tidak secara langsung indikator diketahui, namun observasi dilakukan dengan jalan mengintegrasikan data hasil wawancara, seperti pendapatan, makanan, jumlah pengeluaran, pendidikan, pekerjaan dan ukuran rumah terhadap ukuran rumah yang terdeteksi dari citra satelit resolusi tinggi. Goldblatt et al., (2020) menggunakan lebih banyak data untuk mengetahui kondisi sosial ekonomi di dua wilayah berbeda, meliputi kota dan desa. Yaitu, data geospatial dari indicator ekonomi, normalized vegetation difference index (NDVI) and normalized difference building index (NDBI), normalized difference water index (NDWI) dan *night time imageries*.

Kesamaan keduanya adalah sama-sama indikator ekonomi tidak dapat langsung diakses dari data penginderaan jauh. Kondisi tersebut yang mendasari bahwa penelitian ini membutuhkan dukungan yang baik dari data sekunder, yaitu data kependudukan. Sebagai kunci utama untuk menjelaskan hasil klasifikasi dari data satelit Landsat. Pada suatu kondisi dimana telah terjadi perubahan status administratif dari desa menjadi kota, dapat memicu terjadinya peningkatan luas lahan terbangun,

berkurangnya lahan terbuka hijau, dan berkurangnya daya dukung lahan pertanian. Akibatnya kemampuan menyediakan kebutuhan pangan penduduknya terganggu. Artinya, perubahan status administratif dari kecamatan menjadi kota, dapat memberikan dampak yang signifikan bagi hilangnya lahan sawah di Kota Metro.

### 3. FAKTA DAN DATA

#### 3.1 Lokasi penelitian



Gambar 3.1. Luas area terbangun (Ungu) pada tahun 1988 di Kota Metro berdasarkan citra Landsat 5 dengan komposisi R=kanal 5, G=kanal 4, dan B=kanal 3  
Sumber: Olah data (2020)

Penelitian dilakukan di kota Metro, Provinsi Lampung. Saat ini kota Metro terdiri dari lima kecamatan, yakni Metro Selatan, Utara, Timur, Barat, dan Pusat, serta terdiri dari 126 kelurahan (Gambar 1). Kota yang berdiri pada 27 April 1999 ini ada mulanya merupakan bagian dari Kabupaten Lampung tengah. Secara geografis, kota Metro dibatasi oleh kecamatan Punggur, Lampung tengah, dan kecamatan Pekalongan Lampung timur di sebelah utara. Di sebelah timur dengan kecamatan Batang hari, Lampung timur, di sebelah selatan dengan kecamatan Metro Kibang Lampung timur dan Natar, Lampung Selatan, dan Kecamatan Trimurjo, Lampung tengah di sebelah barat (Republik Indonesia, 1999).

#### 3.2 Data

##### 3.2.1 Data satelit penginderaan jauh

Studi ketersediaan lahan sawah sebagai dampak dari berubahnya status administratif suatu wilayah dikerjakan dengan menggunakan data satelit multi-temporal dari cira satelit Landsat. Terdapat lima data Landsat,

termasuk tiga buah Landsat 5 untuk tahun 1988, 1990, dan 2009, satu buah data Landsat 7 dan Landsat 8 untuk tahun 2000 dan 2020. Detail dari data satelit yang digunakan disampaikan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Data satelit Landsat untuk perubahan luas lahan sawah  
Sumber: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

No.	Data	Scene	Band
1.	Landsat 5	LT05_L1TP_123064_19880405_20170418_01_T1	B4, B5, dan B6
2.		LT05_L1TP_123064_19900716_20170129_01_T1	B4, B5, dan B6
3.		LT05_L1TP_123064_20090922_20161025_01_T1	B4, B5, dan B6
4.	Landsat 7	LE07_L1TP_123064_20000414_20170212_01_T1	B4, B5, dan B7
5.	Landsat 8	LC08_L1TP_123064_20200209_20200210_01_T1	B5, B6, dan B7

### 3.2.2 Data demografis dan sosial-ekonomi

Data kependudukan dan sosial-ekonomi diperoleh dari badan pusat statistik (BPS) melalui dokumentasi Kota Metro dalam Angka pada tahun yang bersesuaian dengan tahun akuisisi dari data Landsat. Data yang digunakan diantaranya adalah data jumlah penduduk, jumlah penduduk petani, dan data pendapatan.

## 3.3 Pengolahan data

### 3.3.1 Pra-pengolahan data citra

Data satelit Landsat yang dipakai dalam studi ini harus melalui proses koreksi radiometrik dan atmosferik. Proses ini meliputi konversi nilai piksel (digital number) menjadi nilai pantulan pada level *top of atmosphere* (TOA), sementara efek atmosfer diminimalkan dengan mengimplementasikan algoritma *dark object subtraction* (DoS) sehingga diperoleh rentang nilai baru dari citra Landsat diantara 0-1.

### 3.3.2 Klasifikasi terbimbing jarak terdekat (minimum distance)

Klasifikasi minimum distance pada prinsipnya merupakan klasifikasi citra yang menggunakan vektor rata-rata untuk setiap kelas dan menghitung jarak Euclidean dari setiap piksel yang tidak diketahui ke vektor rata-rata untuk setiap kelas. Piksel diklasifikasikan ke kelas terdekat (Richards, 2013). Teknik klasifikasi ini termasuk klasifikasi terbimbing kategori *pixel-based techniques*, sama halnya dengan *Maximum likelihood* dan *IDODATA* (Li et al., 2014). Digunakannya teknik klasifikasi terbimbing bertujuan untuk tidak hanya untuk meningkatkan akurasi dari hasil klasifikasi citra saja (Septiani et al., 2019), melainkan dapat juga memudahkan pemberian atribut dari setiap objek yang diklasifikasikan.

Dalam studi ini, dua objek utama yang diamati adalah area terbangun (built-up) dan lahan sawah. Klasifikasi objek yang dinamis namun tidak terpengaruhi oleh faktor luar seperti area terbangun relatif lebih mudah jika dibandingkan dengan lahan sawah, dimana pengamatannya harus berdasarkan musim tanam dan juga fenologi dari padi (Hernawati et al., 2018; Parsa et al., 2019). Sehingga diperlukan satu algoritma yang bisa lebih efektif mendelineiasi lahan sawah dengan kemampuan yang lebih baik di dalam mengakomodasi karakteristik dari fenologi padi.

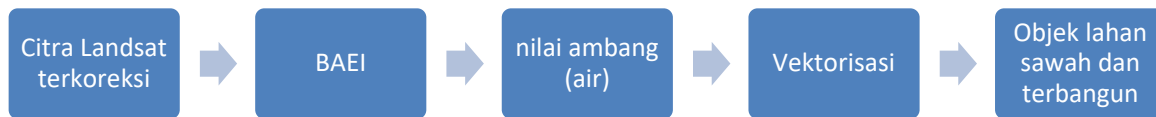
### 3.3.3 Penentuan distribusi area terbangun dan lahan sawah

Formula yang digunakan oleh Bouzekri et al., (2015) diadopsi untuk mengekstraksi lahan terbangun untuk semua data yang digunakan. Formula ini dikenal dengan *built-up area extraction Index (BAEI)*, dan membutuhkan nilai reflektan dari kanal hijau, merah dan biru dan sebuah konstanta sebesar 0.3 (Persamaan 1).

Hasil perhitungannya dapat secara tegas menunjukkan area terbangun yang relatif terpisah dari lahan terbuka atau tanah kosong (Valdiviezo-N et al., 2018). Meskipun di beberapa data, kondisi tersebut tidak sesuai. Dengan kata lain, formula ini lebih efektif untuk mendelineasi lahan sawah dari pada lahan terbangun.

$$BAEI = \frac{(Red+0.3)}{(Green+SWIR)} \tag{1}$$

Pada citra satelit Landsat 8 tahun 2020, lahan sawah relatif lebih mudah dibedakan. Hal ini disebabkan oleh kondisi lahan yang masih tergenang oleh air atau berada pada masa persiapan menjelang tanam. Oleh karenanya, pemisahan lahan sawah dari objek lainnya di area studi dilakukan dengan memanfaatkan hasil perhitungan formula BAEI (Persamaan 1) sesuai alur berikut (Gambar 3.2). Nilai ambang pada hasil BAEI ditentukan secara visual terhadap nilai yang rendah menunjukkan area terbangun sementara yang tinggi sebagai area lahan sawah.



Gambar 3.2. Alur penentuan distribusi dan luas lahan sawah serta lahan terbangun

### 3.3.4 Analisa perubahan dengan *change detection*

Pada dasarnya *change detection* mengukur terjadinya suatu perubahan dari objek A menjadi objek B atau objek A tetap sebagai objek A berdasarkan hasil komparasi dari citra yang sudah dilakukan klasifikasi pada tahun awal dengan tahun berikutnya. Dengan kata lain, *change detection* merupakan analisa perubahan dari waktu ke waktu atau *multi-temporal analysis* (Campbell & Wynne, 2011). Adapun kondisi yang harus dipenuhi sebelum melakukan analisa *change detection* ini diantaranya menggunakan data satelit yang sama (1), yaitu Landsat dengan beda waktu 32 tahun, di beberapa area sudah tidak ada tutupan awan (2), sebelum digunakan untuk proses klasifikasi dan analisis sudah terlebih dahulu dilakukan koreksi radiometrik dan atmosferik (3). Hanya, kekurangan terdapat pada tanggal akuisisi tidak dilakukan pada bulan yang sama. Detail proses *change detection* ada pada gambar 3.3.

H	L	P		L	L	P		H	L
L	L	P		L	P	P		L	P
L	S	S		L	P	P		S	S
Awal				Akhir					

Keterangan:

H= Hutan, L= ladang, S= sawah, P=pemukiman

Gambar 2.3. Konseptual model *change detection*

### 3.3.5 *Doubling time population*

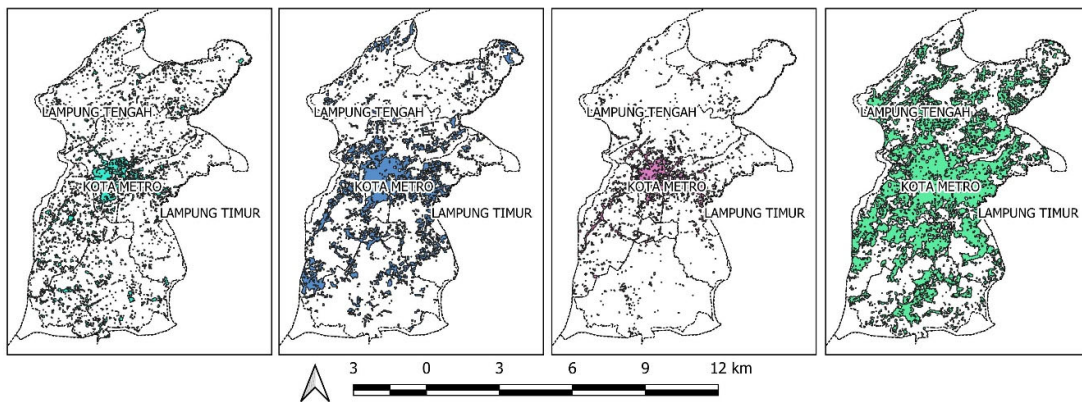
Proses ini menghitung pada waktu kapan jumlah penduduk bertambah dua kali lipat (Persamaan 2), dan kemudian direlasikan dengan perubahan luas lahan terbangun dan lahan sawah. Dimana 70 merupakan pertumbuhan penduduk secara eksponensial, dan r sebagai angka pertumbuhan penduduk (Birmingham, 2003).

$$DT = 70/r \tag{2}$$

## 4. ANALISIS

### 4.1 Perubahan wilayah urban 1988-2020

Proses klasifikasi terbimbing yang digunakan untuk memisahkan area terbangun dari data citra satelit Landsat pada dasarnya berjalan dengan baik. Namun, dengan memperhatikan bahwa lahan terbangun di sejumlah area mempunyai kemiripan dengan lahan terbuka atau lahan kosong, sehingga hasil klasifikasi area terbangun relatif tidak sesuai seperti yang diharapkan. Dengan kata lain, yang seharusnya hasil klasifikasi dapat menunjukkan peningkatan luas area terbangun dari tahun ke tahun, justru malah memberikan hasil yang fluktuatif. Seperti pada tahun 1988, pada saat Kota Mter masih tergabung kedalam salah satu kecamatan di Kabupaten Lampung tengah. Dimana luas area terbangun yang terdeteksi lebih luas dari pada tahun setelahnya. Meskipun pada dua tahun selanjutnya menunjukkan penambahan yang normal, naik dari tahun ke tahun (Gambar 4.1).



Gambar 3.1. Hasil deteksi distribusi lahan terbangun di Kota Metro (1990, 2000, 2009, dan 2020)

Bertambah luasnya area terbangun berdasarkan hasil dari pengamatan visual menunjukkan arah memanjang utara-selatan dengan. Meluas dari arah pusat kota sampai ke arah pinggiran dengan pola yang relatif acak.. Berdasarkan hasil pengamatan juga, luas area terbangun yang mengalami penambahan dari tahun 1988 sampai tahun 2020, terjadi besar-besaran pada periode antara tahun 2009 sampai 2020. Yaitu , lusnya bertambah dari 437.469 menjadi 2700,617 hektar (Tabel 4.1).

Tabel 4.1. Perubahan luas lahan terbangun di Kota Metro

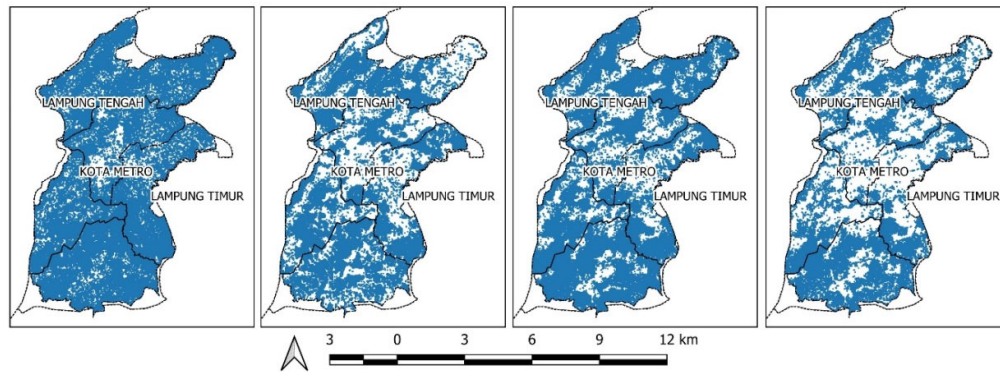
Luas lahan terbangun (Ha)			
1990	2000	2009	2020
690,094	1198,449	437,469	2700,617

Sumber: Olah data (2020)

#### 4.1.1 Perubahan luas lahan sawah 1988-2020

Hasil dari perhitungan BAEI adalah ekstraksi lahan sawah, hal ini berkebalikan dengan tujuan utama dibuatnya formula ini (Bouzekri et al., 2015). Ekstraksi lahan sawah relatif lebih mudah dengan formula ini. Terkait dengan perubahan luas lahan sawah, secara visual terjadi pengurangan area sawah dari tahun 1990 sampai tahun 2020 (Gambar 4.2). Dengan pola yang relatif teratur, tidak seperti pola yang diberikan sebelumnya, pada perubahan luas area terbangun (Gambar 4.1).





Gambar 4.2. Hasil deteksi distribusi lahan sawah di Kota Metro (1988, 1990, 2000, 2009, dan 2020)

Sumber: Olah data (2020)

Perubahan luas lahan sawah yang semula terhitung 4264.057 hektar pada 1990, berubah menjadi 2311,171 hektar pada 2020 merupakan sebuah gambaran umum bahwa telah terjadi sebuah perubahan luas lahan sawah (Tabel 3). Sebanyak 1183,821 hektar lahan sawah berubah menjadi lahan terbangun pada periode tahun 1990 sampai 2000, dimana tahun tersebut merupakan awal berdirinya kota Metro setelah lepas dari Kabupaten Lampung Tengah. Pengurangan luas lahan sawah tersus terjadi pada dua periode lainnya, namun tidak lebih dari 400 hektar lahan sawah yang berubah menjadi lahan terbangun. Sehingga total berdasarkan keempat data yang digunakan, sebanyak 65% lahan sawah telah dikonversi.

Tabel 4.2. Perubahan luas lahan sawah di Kota Metro

Luas lahan sawah (Ha)			
1990	2000	2009	2020
4264,057	3080,236	2697,976	2311,171

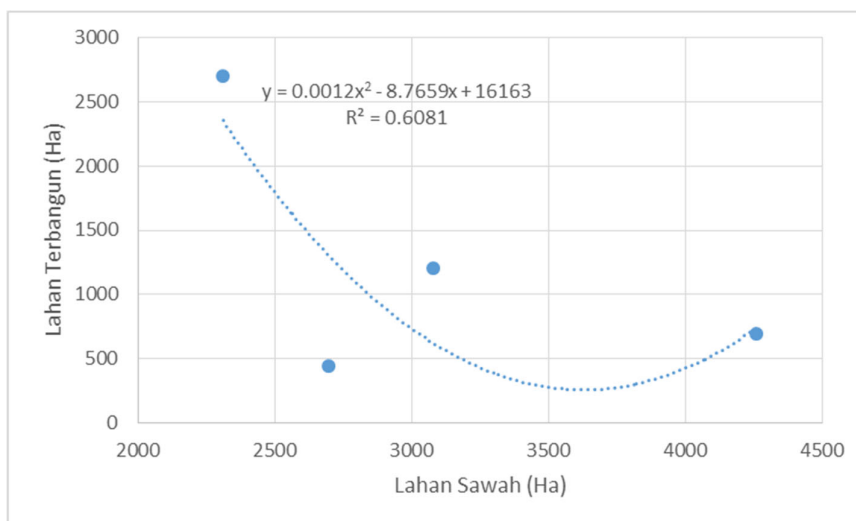
Sumber: Olah data (2020)

#### 4.1.2 Relasi perubahan luas wilayah urban dengan luas lahan sawah dan kondisi sosial ekonomi

Sebuah diagram sebar dengan persamaan polinomial memberikan penjelasan bahwa terdapat relasi antara pengurangan luas lahan sawah dengan bertambahnya luasnya lahan terbangun (Gambar 6). Nilai  $R^2$  sebesar 0.60 menjelaskan seberapa kuat pengaruh berubahnya status administratif suatu wilayah terhadap terjadinya perubahan lahan pertanian, dalam hal ini adalah lahan sawah. Pengurangan luas lahan sawah sebanyak 65% merupakan bukti lain dari relasi keduanya.

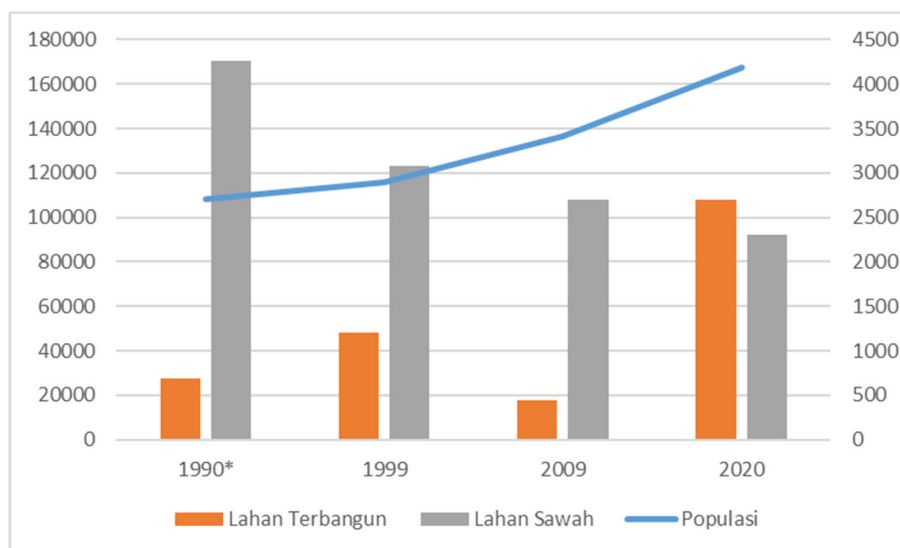
Terbukti bahwa penginderaan jauh dapat digunakan sebagai alat monitoring relasi perubahan luas lahan terbangun dengan lahan sawah. Hal ini dapat dijadikan pedoman bagi pemerintah daerah kota Metro untuk membuat kebijakan perencanaan kota lebih lanjut. Hasil ini juga dapat digunakan sebagai pedoman pemerintah daerah untuk membuat suatu kebijakan terkait dengan langkah antisipatif terhadap berkurangnya lahan sawah, dimana ini erat kaitannya dengan penyediaan lapangan kerja, persediaan hasil panen untuk pemenuhan kebutuhan primer juga hubungannya dengan pendapatan daerah, sampai dengan dampak adanya potensi seberapa besar tingkat bencana akibat adanya kondisi tersebut.





Gambar 4.3. Relasi perubahan luas lahan terbangun dengan lahan sawah di Kota Metro  
**Sumber: Olah data (2020)**

Kondisi yang terjadi di kota Metro secara statistik digambarkan dengan diagram sebar tersebut (Gambar 4.3). Namun, relasi kedua parameter tersebut tidak menjelaskan kondisi real terhadap data demografis Kota Metro. Berdasarkan data kependudukan kota Metro, jumlah penduduk kota Metro bertambah dari 115.789 jiwa pada akhir tahun 1999, menjadi 136.273 pada tahun 2009, dan pada tahun 2020 berjumlah 167.411 jiwa (Badan Pusat Statistik, 2010, 2020). Pada periode tersebut telah terjadi penambahan jumlah penduduk sebanyak 51.662 jiwa atau setara dengan angka pertumbuhan 1.47% setiap tahunnya. Maka, pada tahun 1990 jumlah penduduk kota Metro berjumlah kurang lebih 108.209 jiwa.



Gambar 4.4. Relasi perubahan luas lahan terbangun dengan lahan sawah dan bertambahnya jumlah penduduk di Kota Metro  
**Sumber:Olah data (2020)**

Dari pemaparan ini dapat dikaitkan dengan kondisi real hasil pengolahan data citra satelit Landsat bahwa relasi yang positif ditunjukkan dari adanya penambahan jumlah penduduk terhadap bertambahnya luas lahan terbangun. Dimana untuk memenuhi kebutuhan tempat tinggal 167.411 jiwa, diperlukan luas lahan terbangun sebanyak 2700,617 hektar (Gambar 7). Sebuah proyeksi dari data yang ada dengan asumsi bahwa angka pertumbuhan penduduk di Kota Metro adalah tetap 1,47%, dan dengan mengimplementasikan formula *doubling time* bahwa jumlah penduduk kota Metro akan

bertambah dua kali pada tahun 2080 dan luas lahan sawah yang tersisa adalah tidak kurang dari 1000 hektar.

Sejumlah studi yang ikut menjelaskan efek dari terjadinya *doubling time*. Adanya peningkatan konsumsi energi (Theodore, 2006), peningkatan pendapatan perkapita (World Bank Group, 2015), perubahan suplai bahan pangan, pandemi dan ketersediaan tenaga kerja (Dumond, 1965). Ada benarnya jika memperhatikan apa yang disampaikan oleh Dumond, (1965) terkait dengan adanya perubahan pada jumlah tenaga kerja yang tersedia. Fokus pada jumlah penduduk petani, pada periode tahun 2011-2013 telah berkurang jumlah petani dari 11.98% menjadi 8.83% yang diikuti dengan peningkatan tenaga kerja pada sektor jasa. Yakni, bertambah dari 80.54% menjadi 84.84%. (Badan Pusat Statistik Kota Metro, 2015).

Pada area yang lebih luas, akan dijumpai berkurangnya luas area hutan, lahan pertanian dan rata-rata suhu permukaan bertambah (Kumar Patel & Tripathi, 2016). Kondisi yang disampaikan oleh Kumar Patel & Tripathi, (2016) pada faktanya tidak terjadi di Kota Metro. Karena, telah dibuktikan terjadi pengurangan lahan sawah dalam periode tahun 1990-2020. Namun, bertambahnya laju urbanisasi, di beberapa daerah lain berkontribusi pada bertambah luasnya wilayah kota secara administratif (Esbah et al., 2005). Seperti yang terjadi pada kota dan kabupaten Bandung pada periode yang hampir sama (Pemerintah Kota Bandung, 2017). Sangat dimungkinkan kota Metro akan mengalami hal tersebut. Selain dari pada itu, adanya perubahan manfaat ekosistem (*ecosystem service*) pada manusia yang tinggal (Grimm et al., 2008). Artinya, aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat akan mendapatkan efeknya. Meskipun hubungan antar semua efek ini sangatlah kompleks (Wolman, 2001).

Beberapa efek yang terjadi, terlihat sesuai dengan kondisi Kota Metro saat ini. Kondisi tersebut, harus menjadi sebuah peluang bagi pemerintah kota dan pihak terkait lainnya untuk lebih berfikir dan merencanakan pembangunan kota yang lebih berkelanjutan kedepannya.

## 5. PENUTUP

Pada kenyataannya, perubahan status administratif dari kota Metro berkontribusi pada munculnya dua hal utama. Yakni, terjadinya pengurangan luas lahan sawah yang diikuti oleh peningkatan luas lahan terbangun. Perubahan keduanya disajikan dengan baik berdasarkan ekstraksi data multi waktu dari citra satelit Landsat8. Penggunaan indeks *built-up area extraction Index (BAEI)* memberikan informasi kualitatif berapa besar perubahan yang terjadi.

Merelasikan informasi hasil ekstraksi data penginderaan jauh terhadap kondisi demografis wilayah dapat menjadi dasar untuk menetapkan model pembangunan berkelanjutan. Idealnya, perubahan luas lahan sawah, akibat bertambahnya luas lahan terbangun adalah sesuai dengan laju pertumbuhan penduduk. Sehingga, kekhawatiran terhadap hilangnya sebagian besar lahan pertanian di kota Metro akibat meluasnya lahan terbangun sebagai dampak dari perubahan status wilayah administratif dapat diukur secara nyata. Pada akhirnya hambatan dan tantangan dari implementasi pembangunan berkelanjutan pada lahan pertanian dan tempat tinggal penduduk dapat terukur sesuai dengan karakteristik wilayah yang bersangkutan.

Implementasi konsep *doubling time* dapat membantu elaborasi data penginderaan jauh dalam hal melakukan pengamatan perubahan tutupan dan penggunaan lahan baik dalam skala kota maupun skala provinsi dan yang lebih luas lagi. Gambaran yang hadir dari kondisi yang diprediksi dari hasil perhitungan *doubling time*, kota Metro harus mampu menjaga daya dukung wilayah pertaniannya seluas 1000 hektar untuk menghidupi kurang lebih 300.000 jiwa pada tahun 2080. Terlebih, pada kajian ini tidak dilakukan prediksi berapa cepat lahan terbangun bertambah setelah tahun 2020.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilaksanakan dengan dana mandiri dan bagian dari kegiatan akademik kelompok riset penginderaan jauh bernama *Center for Environmental Research in Remote Sensing (CeRES)* di Universitas Lampung.

## 7. DAFTAR ACUAN

- Badan Pusat Statistik. (2010). *Kota Metro dalam angka 2010* (BPS Kota Metro (ed.)). BPS Kota Metro.
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Kota Metro dalam angka 2020* (BPS Kota Metro (ed.)). BPS Kota Metro.
- Badan Pusat Statistik Kota Metro. (2015). *Persentase Bekerja Menurut Lapangan Usaha di Kota Metro, 2011-2013*. <https://metrokota.bps.go.id/statictable/2015/09/08/56/persentase-bekerja-menurut-lapangan-usaha-di-kota-metro-2011-2013.html>
- Bermingham, J. R. . (2003). Exponential Population Growth and Doubling Times : Are They Dead or Merely Quiescent? *Population and Environment*, 24(4), 313–327. <https://doi.org/10.2307/27503843>  
<https://www.jstor.org/stable/27503843>
- Bouzekri, S., Lasbet, A. A., & Lachehab, A. (2015). A New Spectral Index for Extraction of Built-Up Area Using Landsat-8 Data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 43(4), 867–873. <https://doi.org/10.1007/s12524-015-0460-6>
- Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011). Change Detection. In *Introduction to Remote Sensing* (5th ed., pp. 445–461). The Guilford Press.
- Christiawan, P. I. (2019). Tipe Urban Sprawl dan Eksistensi Pertanian di Wilayah Pinggiran Kota Denpasar. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 7(2), 79–89. <https://doi.org/10.14710/jwl.7.2.79-89>.
- Danoedoro, P. (2019). Multidimensional land-use information for local planning and land resources assessment in Indonesia: Classification scheme for information extraction from high-spatial resolution imagery. *Indonesian Journal of Geography*, 51(2), 131–146. <https://doi.org/10.22146/ijg.32781>
- Dumond, D. E. (1965). Population Growth and Cultural Change. *Southwestern Journal of Anthropology*, 21(4), 302–324. <https://doi.org/10.1086/soutjanth.21.4.3629434>
- Esbah, H., Maktav, D., Atatanir, L., & Erbek, F. S. (2005). Understanding Urban Growth Patterns: a Landscape Ecology Point of View. *Joint Symposia URBAN*, 6. <http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/8-W27/esbah01.pdf>
- European Environment Agency, & Federal Office for the Environment. (2016). *Urban sprawl in Europe* (Issue 11). <https://doi.org/10.2800/143470>
- Food and Agriculture Organization. (2018). *Guidelines on defining rural areas and compiling indicators for development policy*. Food and Agriculture Organization-UN.
- Goldblatt, R., Heilmann, K., & Vaizman, Y. (2020). Can Medium-Resolution Satellite Imagery Measure Economic Activity at Small Geographies? Evidence from Landsat in Vietnam. *World Bank Economic Review*, 34(3), 635–653. <https://doi.org/10.1093/wber/lhz001>
- Grimm, N. B., Foster, D., Groffman, P., Grove, J. M., Hopkinson, C. S., Nadelhoffer, K. J., Pataki, D. E., & Peters, D. P. C. (2008). The changing landscape: Ecosystem responses to urbanization and pollution across climatic and societal gradients. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(5), 264–272. <https://doi.org/10.1890/070147>
- Hansen, M. C., & Loveland, T. R. (2012). A review of large area monitoring of land cover change using Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 122, 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.024>
- Hasan, S., Shi, W., Zhu, X., & Abbas, S. (2019). Monitoring of Land Use / Land Cover and Socioeconomic Changes in South China over the Last Three Decades Using Landsat and Nighttime Light Data. *Remote Sensing*, 11(1658), 1–23.

- Hatab, A. A., Eduarda, M., Cavinato, R., Lindemer, A., & Lagerkvist, C. (2019). Urban sprawl , food security and agricultural systems in developing countries : A systematic review of the literature. *Cities*, 94(July 2018), 129–142. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.06.001>
- Hernawati, R., Harto, A. B., & Sari, D. K. (2018). Pemetaan Pola Tanam dan Kalender Tanam Padi Sawah menggunakan Teknik Penginderaan Jauh. *Reka Geomatika*, 2017(2). <https://doi.org/10.26760/rg.v2017i2.1768>
- Irham. (2012). Urban sprawl , food security and sustainability of Yogyakarta City , Indonesia. In S. Rauch & G. M. Morrison (Eds.), *Urban Environment: Proceedings of the 10th 71 Urban Environment Symposium* (pp. 71–72). Springer Science+Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2540-9>
- Klaus, M. (2018). Rural development for achieving the Sustainable Development Goals: fostering the rural-urban relationships. *Embracing Our Smart World Shere The Continents Connect: Enhancing The Geospatial Maturity of Societies*, 15.
- Kumar Patel, L., & Tripathi, S. (2016). A Geospatial Approach to Analyze the Impact of Population Growth on Bundelkhand Landscape, Central India. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, 5(1), 1755–1767. <https://doi.org/10.23953/cloud.ijarsg.58>
- Kusrini, Suharyadi, & Hardoyo, S. R. (2011). Perubahan Penggunaan Lahan dan Faktor yang Mempengaruhinya di Kecamatan Gunungpati Kota Semarang. *Majalah Geografi Indonesia*, 25(1), 25–42.
- Li, M., Zang, S., Zhang, B., Li, S., & Wu, C. (2014). A review of remote sensing image classification techniques: The role of Spatio-contextual information. *European Journal of Remote Sensing*, 47(1), 389–411. <https://doi.org/10.5721/EuJRS20144723>
- Mathewos, M. (2019). Reported driving factors of land-use/cover changes and its mounting consequences in Ethiopia: A Review. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 13(7), 273–280. <https://doi.org/10.5897/ajest2019.2680>
- Nurrokhman, A. (2019). Urban Sprawl di Indonesia dan Kegagalan Implementasi. *Dinamika Permukiman Dan Pembangunan Wilayah Di Indonesia*, 1–14.
- Oueslati, W., Alvanides, S., & Garrod, G. (2015). Determinants of urban sprawl in European cities. *Urban Studies*, 52(9), 1594–1614. <https://doi.org/10.1177/0042098015577773>
- Parsa, M., Dirgahayu, D., & Harini, S. (2019). Pengembangan Metode Klasifikasi Lahan Sawah Berbasis Indeks Citra Landsat Multiwaktu ( Development of Paddy Field Classification Method Based on Multi-Temporal Indeces of Landsat Images ). *Jurnal Penginderaan Jauh Dan Pengolahan Data Citra Digital*, 1(1), 35–44.
- Pemerintah Kota Bandung. (2017). *Laporan Kinerja Instansi Pemerintah (LKIP) 2017 Kota Bandung* (Issue 1).
- Prasetyo, A., Koestoer, R. H., & Waryono, T. (2016). Pola Spasial Penjalaran Perkotaan Bodetabek : Studi Aplikasi Model Shannon ' S Entropy. *Jurnal Pendidikan Geografi (Gea)*, 16(2), 144–160.
- Putri, P., & Zain, A. F. (2010). Analisis spasial dan temporal perubahan luas ruang terbuka hijau di kota Bandung. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 2(2), 115–121.
- Ramlan, N., & Rudiarto, I. (2015). Pengendalian Urban Sprawl Di Wilayah Pinggiran ( Studi Kasus : Perkembangan Kota Di Indonesia Dan Perancis ). *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 11(4), 444–454.
- Republik Indonesia. (1999). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 1999 tentang Pembentukan Kabupaten Daerah Tingkat II Way Kanan, Kabupaten Daerah Tingkat II Lampung Timur, dan Kotamadya Daerah Tingkat II Metro*. Sekretariat Negara.

- Richards, J. A. (2013). Image Classification in Practice. In *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction* (pp. 381–435). Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-30062-2>
- Robbany, I. F., Gharghi, A., & Traub, K. (2019). Land Use Change Detection and Urban Sprawl Monitoring in Metropolitan Area of Jakarta ( Jabodetabek ) from 2001 to 2015. *The 1st International Conference on Geodesy, Geomatics, and Land Administration 2019*, 257–268. <https://doi.org/10.18502/keg.v4i3.5862>
- Septiani, R., Citra, I. P. A., & Nugraha, A. S. A. (2019). Perbandingan Metode Supervised Classification dan Unsupervised Classification terhadap Penutup Lahan di Kabupaten Buleleng. *Jurnal Geografi : Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian*, 16(2), 90–96. <https://doi.org/10.15294/jg.v16i2.19777>
- Surya, B., Ahmad, D. N. A., Sakti, H. H., & Sahban, H. (2020). Land Use Change, Spatial Interaction, and Sustainable Development in the Metropolitan Urban Areas, South Sulawesi Province, Indonesia. *Land*, 9(95), 43. <https://doi.org/10.3390/land9030095>
- Theodore, O. I. (2006). The Effects of population growth in Nigeria. *Journal of Applied Sciences*, 6(6), 1332–1337.
- United Nations. (1992). United Nations Conference on Environment & Development. In *United Nations Development* (Issue 1, p. 351). United Nations Division for Sustainable Development.
- United Nations. (2013). *Rural Development*. Sustainable Development Knowledge Platform.
- Ustaoglu, E., & Williams, B. (2017). Determinants of Urban Expansion and Agricultural Land Conversion in 25 EU Countries. *Environmental Management*, 60, 717–746. <https://doi.org/10.1007/s00267-017-0908-2>
- Valdiviezo-N, J. C., Téllez-Quiñones, A., Salazar-Garibay, A., & López-Caloca, A. A. (2018). Built-up index methods and their applications for urban extraction from Sentinel 2A satellite data: discussion. *Journal of the Optical Society of America A*, 35(1), 35. <https://doi.org/10.1364/josaa.35.000035>
- Wakode, H. B., Baier, K., & Jha, R. (2013). Analysis of urban growth using Landsat TM / ETM data and GIS — a case study of Hyderabad , India. *Arab Journal of Geoscience*, 13. <https://doi.org/10.1007/s12517-013-0843-3>
- Warth, G., Braun, A., Assmann, O., Fleckenstein, K., & Hochschild, V. (2020). Prediction of socio-economic indicators for urban planning using VHR satellite imagery and spatial analysis. *Remote Sensing*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/rs12111730>
- Wolman, M. G. (2001). Population And Land Use In India, China, And The United States: Context, Observations, And Findings. In *Growing Population, Changing Landscapes. (studies from India, China, and the United States)* (pp. 1–61). National Academy Press.
- World Bank Group. (2015). East Asia’S Changing Urban Landscape. In *World Bank Group* (Issue 36). Publishing and Knowledge Division, The World Bank.
- Wu, Y., Li, S., & Yu, S. (2016). Monitoring urban expansion and its effects on land use and land cover changes in Guangzhou city, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-5069-2>