

# **Pendeteksian Wilayah *Impervious Surface Area* (ISA) Sebagai Analisis Dampak Lingkungan di Kota Depok Menggunakan Citra Landsat-8 OLI/TIRS**

## ***Detection of Impervious Surface Area (ISA) As an Environmental Impact Analysis in Depok City Using Landsat-8 OLI/TIRS Image***

**Muhamad Iqbal Januadi Putra<sup>1\*</sup>, Adib Ahmad Kurnia<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Geografi Fakultas MIPA – Universitas Indonesia

<sup>2</sup>Direktorat Tata Ruang dan Pertanahan – Kementerian PPN/Bappenas

<sup>\*</sup>E-mail: muhamad.iqbal41@sci.ui.ac.id

**ABSTRAK** - Kota Depok dalam beberapa dekade terakhir mengalami konversi penggunaan lahan non urban menjadi lahan urban (*impervious surface area/ISA*) yang signifikan, perubahan tersebut dapat menimbulkan penurunan kualitas lingkungan di wilayah tersebut. Pendeteksian ISA merupakan salah satu upaya dalam mengawasi perubahan lingkungan urban akibat konversi penggunaan lahan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi sebaran wilayah ISA di Kota Depok sebagai salah satu upaya pengendalian kualitas lingkungan urban di wilayah tersebut. Metode pendeteksian ini dilakukan melalui pengolahan citra Landsat-8 OLI/TIRS dengan berbagai indeks penginderaan jauh seperti EBBI (*Enhanced Built-Up and Bareness Index*); IBI (*Index-based Built-Up Index*); NDBI (*Normalised Difference Built-Up Index*); UI (*Urban Index*); dan NDBaI (*Normalised Difference Bareness Index*). Kesemua indeks tersebut memperhitungkan objek wilayah terbangun (*built-up area*) dan lahan terbuka (*bare land*) untuk menentukan wilayah ISA di Kota Depok. Masing-masing indeks akan diklasifikasikan untuk ditentukan jenis wilayah yang tergolong dalam kategori ISA. Hasil dari penelitian ini menunjukkan adanya sebaran wilayah ISA di Kota Depok yang menyebar secara teraglomerasi di wilayah pusat aktivitas ekonomi dan perkotaan wilayah tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa wilayah ISA dapat diekstraksi melalui pengolahan citra Landsat-8 OLI/TIRS. Uji akurasi menunjukkan indeks EBBI memiliki tingkat akurasi tertinggi dalam mengidentifikasi wilayah ISA sebesar 96% dan indeks NDBaI memiliki tingkat akurasi terendah dengan akurasi 40%. Perluasan wilayah *Impervious Surface Area* (ISA) dapat ditanggulangi dengan menerapkan pola dan luasan Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang sudah dialokasikan di dalam Peraturan RTRW Kota Depok 2012 – 2032 sebesar 33.87% dari total luas wilayah Kota Depok.

**Kata kunci:** Impervious Surface Area (ISA), Landsat-8 OLI/TIRS, penurunan kualitas lingkungan

**ABSTRACT** - Depok City in a few decades have experienced problems of conversion of non-urban land into urban land (*impervious surface area / ISA*) massively, this problem can lead to degradation of environmental quality in this region. The detection of ISA is one of the efforts in overseeing changes in the urban environment due to land conversion. Therefore, this study aims to detect the distribution of ISA in Depok City as one of the efforts to control the quality of urban environment in the region. This detection method is done through image processing of Landsat-8 OLI / TIRS with various remote sensing indices such as EBBI (*Enhanced Built-Up and Bareness Index*); IBI (*Index-based Built-Up Index*); NDBI (*Normalized Difference Built-Up Index*); UI (*Urban Index*); and NDBaI (*Normalized Difference Bareness Index*). All of these indices take into account the built-up area and bare land to determine the ISA region in Depok City. Each index will be classified to determine the type of region belonging to the ISA category. The results of this study indicate the distribution of ISA in Depok City which spreads in an agglomerated region in the center of economic and urban activity of the region. This shows that the ISA region can be extracted through image processing of Landsat-8 OLI / TIRS. Accuracy assessment shows that EBBI indice has accuracy level 96% in determining ISA region and NDBaI has the lowest accuracy with accuracy 40%. The expansion of the *Impervious Surface Area* (ISA) area can be fixed by applying the pattern and extent of Green Open Space (RTH) that has been allocated in the spatial plan of Depok city 2012 - 2032 covering 33.87% total area of Depok city

**Keywords:** Impervious Surface Area (ISA), Landsat-8 OLI/TIRS, degradation of enviromental quality

## 1. PENDAHULUAN

Kota Depok merupakan salah satu pusat pertumbuhan di Provinsi Jawa Barat. Hal tersebut menjadi faktor utama penyebab meningkatnya migrasi penduduk para pekerja dan pencari kerja di ibu kota ke daerah ini untuk bermukim. Pada tahun 1999, tercatat jumlah penduduk kurang dari 1 juta jiwa dan pada tahun 2005 meningkat hingga 1.374.522 jiwa. Pada tahun 2010 jumlah penduduk mencapai 1.736.565 jiwa meliputi 51% laki-laki dan 49% perempuan, dengan kepadatan 10.101 jiwa/km<sup>2</sup> (BPS Kota Depok, 2011). Pada tahun 2014, jumlah penduduk Kota Depok meningkat tajam menjadi 2.033.508 dengan kepadatan penduduk sebesar 10.255 jiwa/km<sup>2</sup> (BPS Kota Depok, 2015).

Peningkatan jumlah penduduk secara massif akan berdampak pada pembangunan kawasan Impervious Surface Area (ISA) atau struktur buatan kedap air yang meningkat pula, contohnya kawasan lahan terbangun dan lahan terbuka (Alhawiti et al., 2017). ISA merupakan struktur antropogenik yang membuat air tidak dapat menyerap ke lapisan di bawahnya (Sun et al., 2017). Peningkatan lahan jenis ISA berkorelasi dengan pembangunan struktur lahan terbangun seperti jalan, atap, tempat parkir, dan trotoar (Chompuchan, 2015; Alhawiti et al., 2017; Sun et al., 2017;). Hal ini dibuktikan dengan jumlah luasan kawasan terbangun di Kota Depok semakin meningkat (Urbanindo, 2016). Berdasarkan data pada **Gambar 1**, jenis lahan ISA berupa apartemen dan rumah mengalami peningkatan luasan yang cukup signifikan selama tahun 2015. Sekalipun data tersebut hanya menunjukkan perkembangan total luasan kawasan ISA dalam setahun, tetapi data ini mampu merepresentasikan perkembangan kawasan ISA yang berkorelasi dengan peningkatan jumlah penduduk.



**Gambar 1.** Perkembangan Jumlah Lahan Terbangun di Kota Depok tahun 2015

Fenomena peningkatan luas kawasan ISA sesungguhnya bukan hanya sebagai indikator proses urbanisasi suatu kota, melainkan juga merupakan ancaman karena mampu menimbulkan permasalahan baru dalam sudut pandang ruang dan lingkungan (Oke, 1973; Zain et al., 2015; Sun et al., 2017). Peningkatan pembangunan properti (perumahan dan ritel) mengindikasikan bahwa jumlah luasan lahan ISA di Kota Depok semakin tinggi. Ruang-ruang terbuka yang dibutuhkan untuk menyeimbangkan fungsional tata guna ruang perkotaan jumlahnya semakin berkurang. Masifnya aktivitas masyarakat juga semakin memperburuk kualitas ruang dan lingkungan. Hal ini berimbas pada terbentuknya permasalahan fenomena Urban Heat Island di Kota Depok, yakni fenomena kutub panas kota akibat kelebihan panas yang tidak merata (Iswanto, 2008) dan permasalahan drainase air di wilayah urban (Chompuchan, 2015).

Mengingat keberadaan ISA dalam suatu kota merupakan hal yang mutlak terjadi terkait dengan proses urbanisasi dan pembangunan struktur antropogenik, maka analisis spasial mengenai keberadaan ISA di Kota Depok perlu dilakukan. Keberadaan ISA merupakan indikator penting dalam upaya pengawasan kualitas lingkungan urban dan perkembangan kota (Sun et al., 2017). Oleh karena itu, pemetaan wilayah ISA merupakan upaya yang penting terkait dengan tujuan tersebut.

Pemetaan ISA dapat dilakukan dengan memanfaatkan data perekaman citra satelit Landsat-8 OLI/TIRS. Penggunaan citra satelit Landsat dalam memetakan ISA sudah banyak dilakukan terkait dengan resolusi spasial dan temporal yang cukup baik (Sun et al., 2017). Penggunaan citra ini dalam pemetaan ISA sendiri dapat dilakukan dengan berbagai indeks penginderaan jauh. As-Syukri et al. (2012) memperkenalkan berbagai indeks yang dapat digunakan untuk mengekstraksi wilayah ISA, yakni EBBI (*Enhanced Built-Up and Bareness Index*); IBI (*Index-based Built-Up Index*); NDBI (*Normalised Difference Built-Up Index*); UI (*Urban*

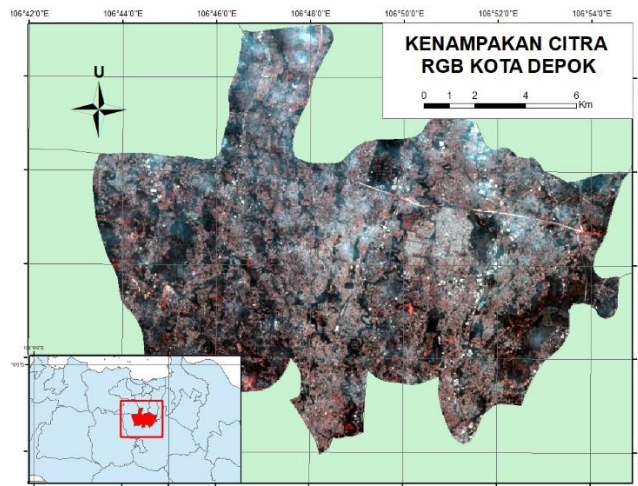
*Index*); dan NDBaI (*Normalised Difference Bareness Index*). Dalam penelitian ini, indeks-indeks tersebut akan digunakan untuk mengekstraksi wilayah ISA di Kota Depok yang menjadi tujuan utama penelitian.

## 2. METODE

### 2.1 Wilayah Studi

Kota Depok dipilih sebagai wilayah penelitian dalam pendeteksian kawasan ISA dengan citra satelit Landsat-8 OLI/TIRS. Kota Depok secara geografis berada pada 60 19' LS - 60 28' LS dan 106 43' BT - 106 55' BT serta terletak di sebelah selatan Kota Jakarta dan membentuk kawasan megapolitan Jabodetabek bersama Kota Jakarta, Kota Bogor, Kota Tangerang, dan Kota Bekasi (Cahyadi et al., 2009). Kompleksitas dan integrasi kawasan ini menyebabkan proses urbanisasi menjadi proses yang massif terjadi di Kota Depok dan berimbas pada peningkatan kawasan ISA (Cahyadi et al., 2009; Zain et al., 2015).

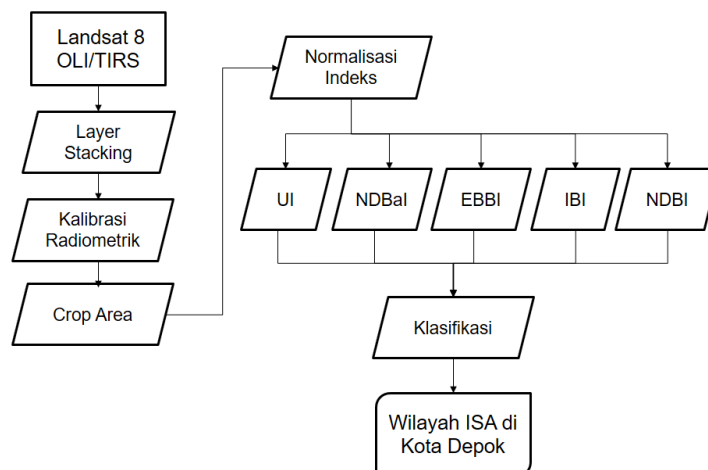
Sumber daya lahan Kota Depok mengalami tekanan sejalan dengan perkembangan kota yang sedemikian pesat. Berdasarkan data analisis Revisi RTRW Kota Depok (2000-2010), kawasan permukiman sebagai salah satu jenis kawasan ISA menempati luas wilayah sebesar 44,31% dari total keseluruhan wilayah pada tahun 2005. Dengan bertambahnya luas wilayah ISA tersebut, maka permasalahan lingkungan akan menjadi isu utama di Kota Depok.



Gambar 2. Wilayah Studi dan Kenampakan Citra RGB Landsat-8 OLI/TIRS

### 2.2 Alur Pikir Penelitian

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengetahui sebaran wilayah ISA di Kota Depok dengan cara menggunakan indeks EBBI, IBI, UI, NDBI, dan NDBaI pada citra Landsat 8 OLI/TIRS. Proses ini dimulai dengan melakukan preprocessing citra Landsat-8 OLI/TIRS yang dipilih sehingga citra terkalibrasi. Selanjutnya, citra akan ditransformasi dengan indeks yang telah disebutkan dan diklasifikasi sehingga didapatkan wilayah ISA di Kota Depok.



Gambar 3. Alur pengolahan data

### 2.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Citra Landsat-8 OLI/TIRS (*Operational Land Imager/Thermal Infrared Sensor*) produk L1T pada perekaman 19 Juni 2017 *path* 122 *row* 64 dipilih dalam penelitian ini untuk mendeteksi ISA. *Band* citra NIR, SWIR, dan TIR digunakan dalam penelitian ini karena kemampuannya yang baik dalam mengenali kontras spektral wilayah terbangun dan lahan terbuka yang menjadi dasar penentuan ISA (As-Syakur et al., 2012). Karakteristik citra Landsat-8 OLI/TIRS dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Karakteristik citra Landsat-8 OLI/TIRS dalam penelitian

Satelit/Sensor	Waktu Akuisisi	Band	Resolusi (m)	Panjang Gelombang (µm)
Landsat-8 OLI/TIRS	19 Juni 2017	1 ( <i>coastal</i> )	30	0,43-0,45
		2 ( <i>blue</i> )	30	0,45-0,51
		3 ( <i>green</i> )	30	0,51-0,59
		4 ( <i>red</i> )	30	0,63-0,67
		5 (NIR)	30	0,85-0,87
		6 (SWIR 1)	30	1,56-1,65
		7 (SWIR 2)	30	2,1-2,29
		8 (Pan)	15	0,53- 0,67
		9 ( <i>Cirrus</i> )	30	1,36-1,38
		10 (TIR 1)	100	10,60-11,19
		11 (TIR 2)	100	11,5-12,51

Sumber: Sun et al. (2017)

Koreksi citra Landsat-8 OLI/TIRS dilakukan terhadap kesalahan radiometrik. Kesalahan atau cacat radiometrik, yaitu kesalahan yang berupa pergeseran nilai atau derajat keabuan elemen gambar (piksel) pada citra, agar mendekati harga yang seharusnya (Purwadhhi et al., 2015). Kesalahan radiometrik dapat disebabkan kesalahan pada sistem optik, kesalahan karena gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer, dan kesalahan karena pengaruh sudut elevasi matahari. Koreksi radiometrik meliputi kalibrasi radiometrik dan koreksi atmosferik. Kalibrasi radiometrik adalah merubah/mengkonversi nilai data citra asli hasil unduhan dari DN (*digital number*/nilai digital) ke nilai reflektan ToA (*Top of Atmospheric*) dan ke nilai radians (khusus *Band* 10). Proses kalibrasi ini mengikuti persamaan:

$$L\lambda = (M \times DN) + A \dots\dots\dots (1)$$

Di mana,  $L\lambda$  = ToA spektral radian/reflektan

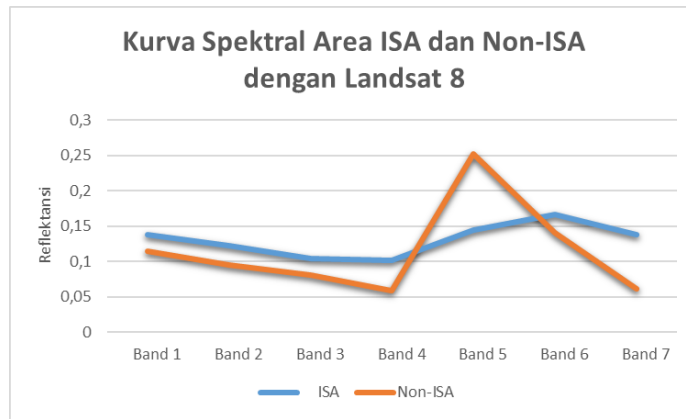
$M$  = nilai *digital number multiplicative*

$DN$  = *digital number* Landsat-8

$A$  = nilai penambah dari spektral radian/reflektan

### 2.4 Pemetaan ISA di Kota Depok dari Citra Landsat-8 OLI/TIRS

Proses ekstraksi wilayah ISA selanjutnya dilakukan terhadap citra Landsat-8 OLI/TIRS yang telah terkoreksi. Proses ini dilakukan dengan menggunakan berbagai indeks. Dasar penggunaan indeks dalam mendapatkan informasi ISA dengan citra Landsat-8 adalah karena citra ini memiliki respon reflektansi yang berbeda-beda pada objek ISA dan non-ISA di tiap panjang gelombangnya. Sun et al. (2017) menggunakan indeks NDISI (*Normalized Difference Impervious Surface Index*) dalam mengekstraksi informasi ISA di wilayah Boston Amerika Serikat. Indeks ini sangat baik untuk mengambil dan mengekstraksi informasi ISA serta mampu menekan informasi lahan air, tanah, dan pasir yang dapat mengganggu ekstraksi ISA (Sun et al., 2017). Namun indeks NDISI akan bias saat citra Landsat yang digunakan dipertajam dengan transformasi Pan-Sharpning (Sun et al., 2017).



Gambar 4. Kurva Spektral Area ISA dan Non-ISA dengan Landsat-8

Sementara itu, As-Syakur et al. (2012) menggunakan indeks EBBI (*Enhanced Built-Up and Bareness Index*); IBI (*Index-based Built-Up Index*); NDBI (*Normalised Difference Built-Up Index*); UI (*Urban Index*); dan NDBaI (*Normalised Difference Bareness Index*) untuk mengekstraksi informasi lahan ISA di wilayah Denpasar, Bali. Penggunaan indeks-indeks tersebut sangat baik dalam proses ekstraksi informasi ISA karena penggunaan indeks tersebut mampu membedakan kawasan ISA secara lebih spesifik menjadi kawasan lahan terbangun dan kawasan lahan terbuka (As-Syakur et al., 2012). Dalam penelitian ini sendiri, indeks penginderaan jauh yang digunakan untuk ekstraksi ISA di Kota Depok meliputi EBBI, IBI, NDBI, UI, dan NDBaI. Penggunaan masing-masing indeks ini dalam mengekstraksi informasi ISA akan menghasilkan nilai positif untuk ISA dan nilai negatif untuk wilayah non-ISA, terutama untuk wilayah bervegetasi tinggi (As-Syakur et al., 2012). Kombinasi *Band-Band* dari masing-masing indeks memiliki keunggulan tersendiri untuk mengidentifikasi ISA.

2.5 Pengolahan Berbagai Indeks tersebut Mengikuti Persamaan

$$EBBI = \frac{Band\ 6 - Band\ 5}{10 \sqrt{Band\ 6 + Band\ 10}} \dots\dots\dots (2)$$

$$IBI = \frac{2Band6 / (Band\ 6 + Band\ 5) - [Band5 / (Band\ 5 + Band\ 4) + Band3 / (Band\ 3 + Band\ 6)]}{\frac{2Band6}{Band\ 6 + Band\ 5} + [\frac{Band5}{Band\ 5 + Band\ 4} + \frac{Band3}{Band3 + Band6}]} \dots\dots\dots (3)$$

$$NDBI = \frac{Band\ 6 - Band\ 5}{Band\ 6 + Band\ 5} \dots\dots\dots (4)$$

$$UI = \frac{Band\ 8 - Band\ 5}{Band\ 8 + Band\ 5} \dots\dots\dots (5)$$

$$NDBaI = \frac{Band\ 6 - Band\ 10}{Band\ 6 + Band\ 10} \dots\dots\dots (6)$$

Tahap selanjutnya, citra masing-masing transformasi indeks akan menghasilkan rentang nilai indeks tertentu yang merepresentasikan informasi wilayah ISA dan non-ISA di Kota Depok. Maka dari itu, proses klasifikasi diperlukan untuk mengekstraksi dan menentukan wilayah mana yang tergolong dalam kategori ISA dan non-ISA. Proses klasifikasi ini dilakukan dengan mengacu pada proses klasifikasi wilayah ISA pada penelitian As-Syakur et al. (2012) yang dapat dilihat pada **Tabel 2**. As-Syakur et al. (2012) mengklasifikasikan jenis kawasan ISA menjadi lahan terbangun dan lahan terbuka.

Proses klasifikasi ini juga dimaksudkan untuk memudahkan tahapan perbandingan hasil penggunaan masing-masing indeks dalam pemetaan ISA di Kota Depok. Wilayah ISA yang telah diekstraksi akan dianalisis karakteristik spektral dan sebaran spasialnya pada tiap indeks yang digunakan.

Tabel 2. Klasifikasi nilai indeks ISA

Indeks Penginderaan Jauh	Rentang Nilai Lahan Terbangun	Rentang Nilai Lahan Terbuka
EBBI	0.1-0.35	>0.35
IBI	0.018-0.308	>0.308
NDBI	0.1-0.3	>0.3
UI	>0	-
NDBaI	-	>-0.15



## 2.6 Metode Akurasi Data

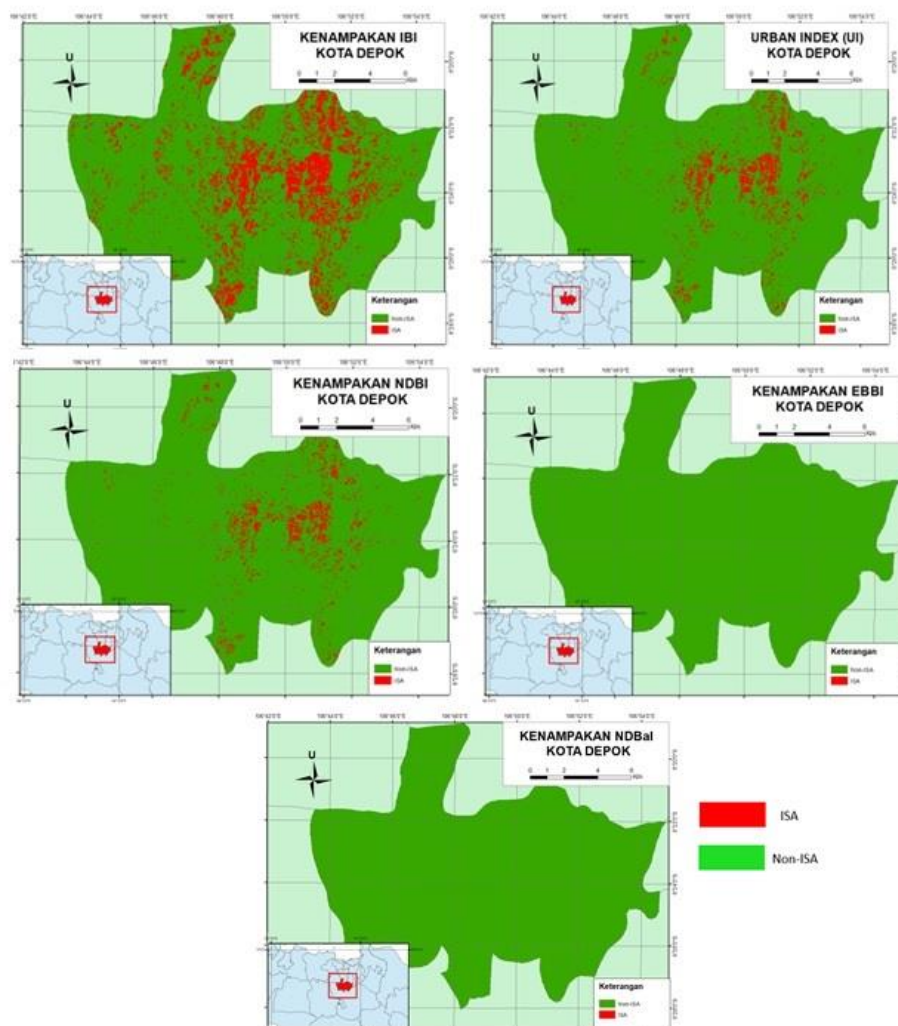
Tahap yang tidak kalah penting dalam ekstraksi informasi ISA di Kota Depok adalah melakukan uji akurasi dan ketepatan hasil ekstraksi. Tujuan utama dalam tahapan akurasi ini adalah untuk menaksir secara kuantitatif seberapa tepat hasil metode ekstraksi/pengolahan citra dengan kondisi nyata di lapang (Rwanga et al., 2017). Adapun metode akurasi yang digunakan dalam menaksir tingkat presisi hasil ekstraksi ISA dengan citra Landsat-8 OLI/TIRS adalah *metode confusion matrix*. Metode *confusion matrix* akan menaksir tingkat presisi klasifikasi wilayah yang telah dibuat dan tingkat eror dari klasifikasi yang tidak tepat (Bogoliubova et al., 2014). Dalam penelitian ini, tingkat akurasi ekstraksi ISA tiap-tiap indeks akan diuji berdasarkan training points yang telah ditentukan. Sebanyak 30 training points dengan teknik random sampling digunakan sebagai landasan untuk mengukur tingkat presisi tiap indeks dalam mengekstraksi ISA di Kota Depok.

Akurasi data dalam penelitian ini juga dilakukan dengan menganalisis kurva spektral ISA dan non-ISA berdasarkan masing-masing indeks. Karakteristik spektral ini akan menunjukkan baik tidaknya indeks yang bersangkutan dalam mengekstraksi wilayah ISA dan non-ISA di Kota Depok berdasarkan jarak antara nilai maksimum dan nilai minimum spektral. Sun et al. (2017) menyebut metode analisis kurva spektral sebagai metode akurasi threshold citra.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Wilayah ISA di Kota Depok Berdasarkan Ekstraksi Indeks

Transformasi EBBI (*Enhanced Built-Up and Bareness Index*); IBI (*Index-based Built-Up Index*); NDBI (*Normalised Difference Built-Up Index*); UI (*Urban Index*); dan NDBaI (*Normalised Difference Bareness Index*) pada Band 3, 4, 5, 6, 8, dan 10 citra Landsat-8 OLI/TIRS digunakan dalam penelitian ini untuk mendapatkan wilayah ISA di Kota Depok. Penggunaan transformasi *band-band* citra tersebut dilakukan untuk mengekstraksi informasi ISA di Kota Depok. Masing-masing indeks selanjutnya akan saling dibandingkan untuk melihat perbedaan informasi ISA yang dihasilkan oleh masing-masing indeks.



Gambar 5. Kenampakan ISA berdasarkan ekstraksi indeks

Hasil transformasi indeks selanjutnya diklasifikasikan dengan mengacu pada klasifikasi **Tabel 2**. Kenampakan wilayah ISA berdasarkan transformasi masing-masing indeks dapat dilihat pada **Gambar 5**. Berdasarkan gambar tersebut, sebaran wilayah ISA untuk masing-masing indeks menunjukkan perbedaan kenampakan yang berbeda-beda. Wilayah ISA direpresentasikan oleh area berwarna merah, sedangkan area warna hijau merepresentasikan sebaran area non-ISA di Kota Depok. Wilayah ISA berdasarkan pengolahan indeks di atas menunjukkan persebaran mengaglomerasi pada wilayah pusat Kota Depok berupa wilayah pusat ekonomi. Semakin menjauh dari area pusat, semakin sempit daerah ISA yang dihasilkan. Indeks IBI menunjukkan sebaran area ISA paling luas di Kota Depok, disusul oleh indeks UI, NDBI, EBBI, dan NDBaI. Perbedaan paling kontras terlihat dalam indeks EBBI dan NDBaI (**Gambar 5**) yang tidak menunjukkan sama sekali adanya sebaran wilayah ISA di Kota Depok. Perbedaan ini menunjukkan klasifikasi rentang indeks ISA pada **Tabel 2** kurang representatif dalam mengukur dan mengekstraksi wilayah ISA di Kota Depok.

Berdasarkan ekstraksi dengan indeks-indeks tersebut, didapatkan informasi luas wilayah ISA yang dapat dilihat dalam **Tabel 3**. Dari tabel tersebut, terlihat bahwa indeks IBI mampu mengidentifikasi wilayah ISA dengan luas paling besar sebesar 2.710 ha. Indeks UI dan NDBI mengekstraksi wilayah ISA dengan luas relatif sama sebesar 846 ha dan 563 ha. Sementara itu, indeks NDBaI dan EBBI tidak berhasil mengekstraksi wilayah ISA. Hal ini diakibatkan kelas klasifikasi yang dilakukan oleh As-Syakur *et al.* (2012) tidak relevan digunakan di wilayah Depok. Maka dari itu, diperlukan klasifikasi baru untuk menentukan nilai ISA di Kota Depok terhadap nilai indeks yang telah diolah.

Penentuan rentang nilai indeks ISA baru dilakukan untuk meningkatkan akurasi ekstraksi ISA oleh citra Landsat-8 OLI/TIRS. Penentuan nilai ISA baru juga bertujuan untuk menghasilkan wilayah ISA yang lebih representatif di Kota Depok dan merupakan solusi atas biasanya nilai klasifikasi ISA yang dilakukan oleh As-Syakur *et al.* (2012).

**Tabel 3.** Luas Wilayah ISA per Indeks

Indeks	Luas Wilayah (ha)
UI	846
NDBI	563
IBI	2.710
NDBaI	0
EBBI	0

Prinsip penentuan nilai ini dilakukan dengan membagi nilai indeks ke dalam berbagai kelas. Selanjutnya, dari pembagian kelas-kelas tersebut dilakukan interpretasi visual untuk menentukan pada kelas rentang nilai mana dan berapa hasil klasifikasi/pembagian menunjukkan kawasan ISA dengan membandingkan nilai rentang klasifikasi baru dengan kenampakan visual RGB citra Landsat-8 OLI/TIRS. Hasil dari interpretasi inilah yang menjadi dasar penentuan nilai ISA yang baru di Kota Depok. Nilai ISA baru dapat dilihat pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Klasifikasi Nilai ISA Baru

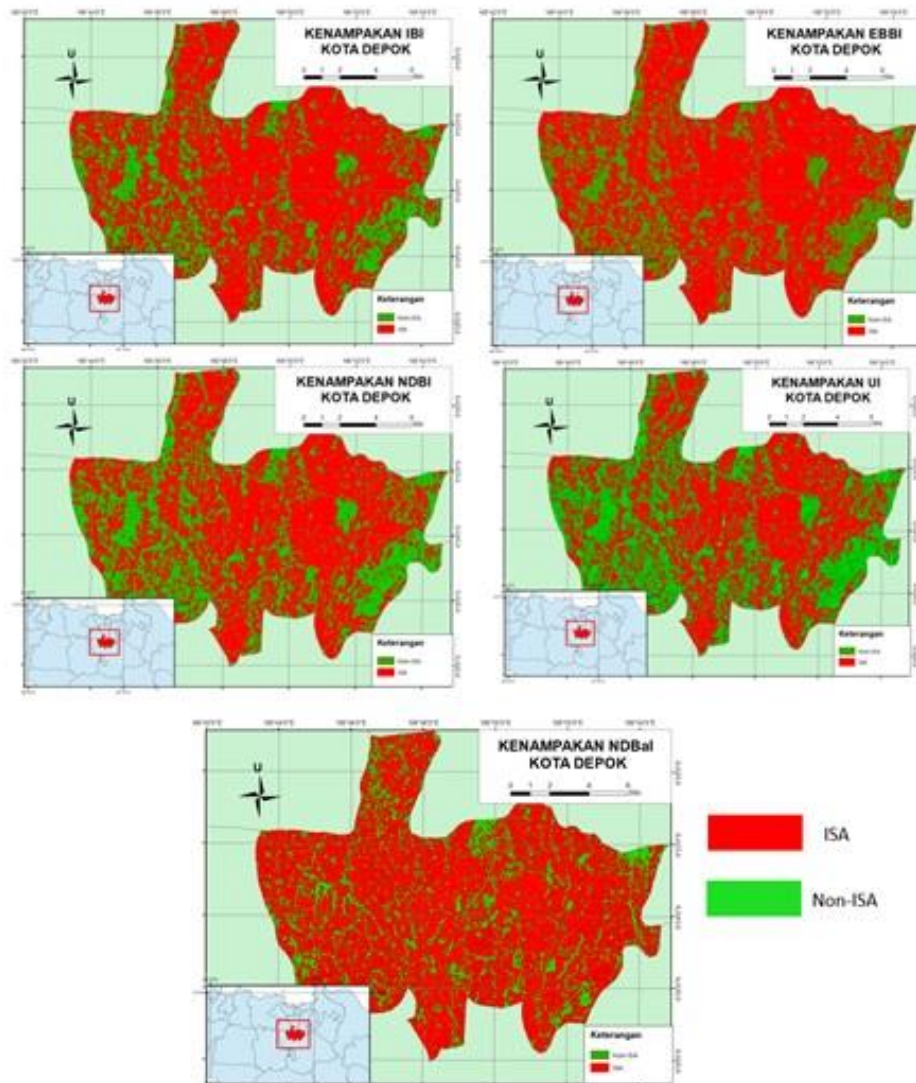
Indeks Penginderaan Jauh	Rentang Nilai ISA	Luas (Ha)	Akurasi (%)
EBBI	>0.0006	13.659	96
IBI	>-0.18	12.568	83
NDBI	>-0.15	12.139	93
UI	>-0.17	10.069	86
NDBaI	>-0.97	16.798	40

Nilai klasifikasi ISA baru yang telah dibuat menunjukkan adanya pergeseran nilai ISA hasil transformasi indeks yang dilakukan oleh As-Syakur *et al.* (2012) dengan yang dilakukan dalam penelitian ini. Perbedaan lokasi penelitian yang dilakukan oleh As-Syakur *et al.* (2012) di Denpasar, Bali menunjukkan nilai klasifikasi ISA pada tiap lokasi bisa berbeda, termasuk dalam hal ini di Kota Depok.

Berdasarkan data pada **Tabel 4**, terlihat bahwa nilai rentang indeks ISA yang baru cenderung mengalami pengurangan dari nilai rentang ISA As-Syakur *et al.* (2012). Nilai indeks EBBI untuk ISA yang semula  $>0,1$  bergeser menjadi  $>0,0006$  pada nilai ISA EBBI yang baru. Kasus yang sama juga berlaku pada nilai indeks ISA IBI, NDBI, UI, dan NDBaI yang mengalami pengurangan dari nilai ISA hasil klasifikasi As-Syakur *et al.* (2012). Gambaran lebih jelas penentuan wilayah ISA berdasarkan nilai klasifikasi baru dapat dilihat pada **Gambar 6**. Gambar tersebut memperlihatkan ekstraksi wilayah ISA dengan indeks-indeks yang telah disebutkan pada bahasan sebelumnya. Area ISA disimbolkan dengan area berwarna merah dan area non-ISA disimbolkan area warna hijau.

Pada **Gambar 6**, sebaran ISA di Kota Depok telah mendominasi penggunaan lahan di wilayah tersebut. Wilayah ISA terutama mengaglomerasi secara masif di wilayah pusat perekonomian dan aktivitas penduduk, yakni di daerah Margonda. Dominasi wilayah ISA di Kota Depok menunjukkan bahwa proses urbanisasi menjadi megapolitan telah terjadi di Kota Depok sesuai pemaparan Zain *et al.* (2015). Wilayah non-ISA tersebar terutama di wilayah pinggiran tepi barat dan timur Kota Depok yang jauh dari pusat kota dengan persentase area yang lebih kecil jika dibandingkan dengan wilayah ISA.

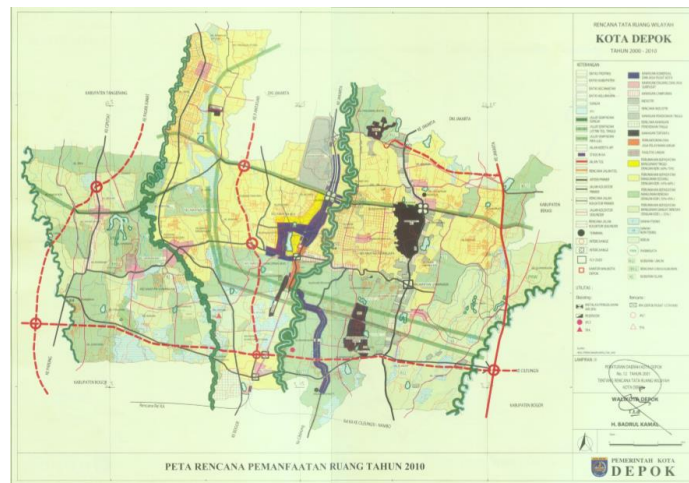
Wilayah ISA hasil klasifikasi baru menunjukkan perbedaan luas (ha) pada tiap-tiap indeks. NDBaI mengekstrak luasan ISA sebesar 16.789 ha (91%), EBBI sebesar 13.659 ha (74%), IBI sebesar 12.568 ha (68%), NDBI sebesar 12.139 ha (66%), dan UI sebesar 10.069 ha (54%). Berdasarkan hasil ekstraksi tersebut, setidaknya wilayah ISA di Kota Depok telah menutupi lebih dari setengah wilayah Kota Depok. Persentase luasan area non-ISA yang kurang dari setengahnya ( $<50\%$ ) menjadi bukti bahwa Kota Depok tengah mengalami proses urbanisasi yang masif seperti pemaparan Cahyadi *et al.* (2009) dan Zain *et al.* (2015).



**Gambar 6.** Sebaran ISA di Kota Depok Hasil Koreksi



Kecamatan Sukmajaya, Kecamatan Pancoran Mas, dan Kecamatan Beji menunjukkan wilayah dengan sebaran ISA terbesar berdasarkan penggunaan indeks-indeks ekstraksi ISA. Aglomerasi wilayah ISA di wilayah-wilayah tersebut berdasarkan Rencana Tata Ruang Kota Depok Tahun 2010 masuk dalam kategori kawasan untuk peruntukan permukiman, industri, dan wilayah komersial yang merupakan jenis penggunaan lahan pemberi kontribusi ISA terbesar (Chompuchan, 2015). Sementara itu, Kecamatan Cimanggis, Kecamatan Limo, dan Kecamatan Sawangan menjadi area dengan wilayah non-ISA terbesar karena berdasarkan Rencana Tata Ruang Kota Depok Tahun 2010, area tersebut adalah kawasan yang peruntukannya dilakukan untuk kawasan konservasi (non-ISA). Secara tipologi perkotaan, distribusi ISA dapat dilihat mengaglomerasi di wilayah Margonda (Kecamatan Sukmajaya, Kecamatan Beji, dan Kecamatan Pancoranmas) dan menyebar ke area di sekitarnya. Fenomena ini menunjukkan bahwa wilayah Margonda menjadi salah satu pusat aktivitas Kota Depok dan berdampak pada masifnya area ISA. Hubungan ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh kebijakan politis dalam pembentukan distribusi ISA di Kota Depok. Gambar 7 menunjukkan Rencana Tata Ruang Kota Depok Tahun 2010.

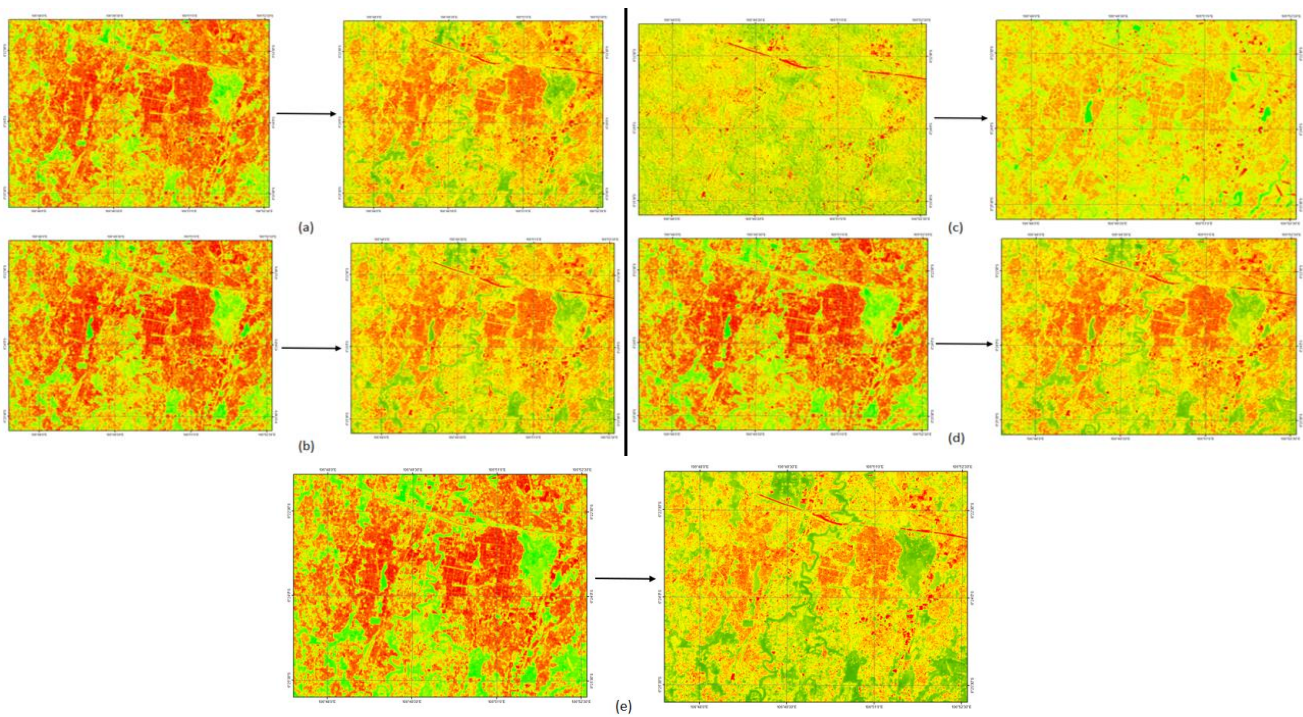


**Gambar 7.** Rencana Tata Ruang Kota Depok Tahun 2010

Berdasarkan Peraturan RTRW Kota Depok 2012 – 2032, sebesar 33.87 % dari total luas wilayah Kota Depok dialokasikan untuk kawasan lindung dan sisanya sebesar 66.13% dialokasikan untuk wilayah budidaya. Dapat diasumsikan area yang direncanakan atau dialokasikan menjadi kawasan lindung merupakan wilayah yang berpotensi menjadi wilayah Non ISA sedangkan kawasan budidaya merupakan wilayah yang berpotensi menjadi wilayah Non ISA. Namun, berdasarkan hasil perhitungan wilayah ISA dengan menggunakan lima indeks, tiga dari lima indeks yang digunakan untuk menghitung wilayah ISA yaitu NDBaI, EBBI dan IBI menunjukkan wilayah ISA lebih besar dari wilayah budidaya yang dialokasikan dalam RTRW Kota Depok 2012 – 2032, dengan masing – masing mengekstrak luasan ISA secara berturut – turut, NDBaI sebesar 16.789 ha (91%), EBBI sebesar 13.659 ha (74%) dan IBI sebesar 12.568 ha (68%).

### 3.2 Hasil Penajaman Indeks ISA

Citra Landsat-8 OLI/TIRS hasil transformasi indeks ISA juga dilakukan proses penajaman *pan-sharpening*. Tahapan ini dimaksudkan untuk meningkatkan nilai kualitas resolusi spasial citra Landsat-8 OLI/TIRS yang semula 30 meter menjadi 15 meter.



**Gambar 8.** Perbedaan Sebelum dan Sesudah Transformasi *pan-sharpening*. (a) EBBI, (b) IBI, (c) NDBaI, (d) NDBI dan (e) UI

Penajaman ini juga dimaksudkan agar tampilan wilayah ISA di Kota Depok semakin baik. **Gambar 8** memperlihatkan hasil transformasi indeks-indeks ISA sebelum dan sesudah penajaman. Dalam gambar tersebut dapat dilihat adanya peningkatan kualitas resolusi spasial citra. Dengan peningkatan kemampuan ini, kemampuan tiap *pixel* dalam membedakan objek ISA dan non-ISA akan semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan paparan Sun *et al.* (2017) yang mendapatkan informasi wilayah ISA di Boston lebih baik setelah adanya proses penajaman. Namun peningkatan resolusi spasial masing-masing indeks ISA juga diikuti oleh penurunan nilai spektral citra. Masing-masing indeks menunjukkan adanya penurunan nilai spektral hasil transformasi yang dapat dilihat dari nilai *threshold* warna citra. Gambar bagian kiri adalah gambar dari hasil transformasi indeks ISA sebelum ditajamkan. Nilai *threshold* citra masih tinggi jika dibandingkan gambar kanan yang telah mengalami penajaman.

### 3.3 Tingkat Akurasi Pengolahan Data

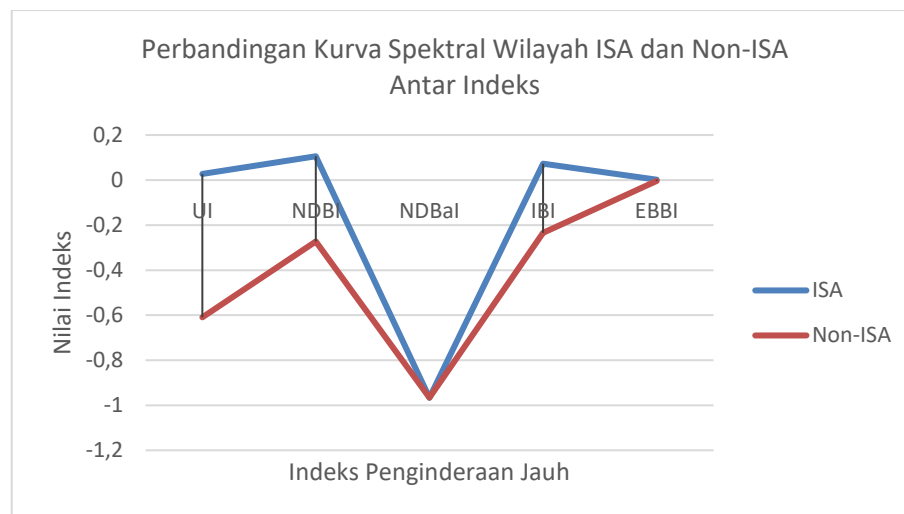
Metode *confusion matrix* digunakan untuk menguji tingkat akurasi hasil ekstraksi ISA dengan berbagai indeks citra Landsat-8 OLI/TIRS, terutama setelah penggunaan nilai rentang klasifikasi baru pada masing-masing indeks. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 30 *training points* (*random sampling*) dan digunakan sebagai *sample point* untuk membandingkan informasi ISA hasil ekstraksi dengan kondisi karakteristik lahan di lapangan. Hasil uji ini dapat dilihat pada **Tabel 5**.

**Tabel 5.** Tingkat Akurasi Indeks

	Hasil Training Point	ISA	Non-ISA	Tingkat Akurasi
EBBI	ISA	14	1	96%
	Non-ISA	0	15	
IBI	ISA	13	2	83%
	Non-ISA	3	12	
NDBI	ISA	15	0	93%
	Non-ISA	2	13	
UI	ISA	12	3	86%
	Non-ISA	1	14	
NDBaI	ISA	8	7	40%
	Non-ISA	11	4	

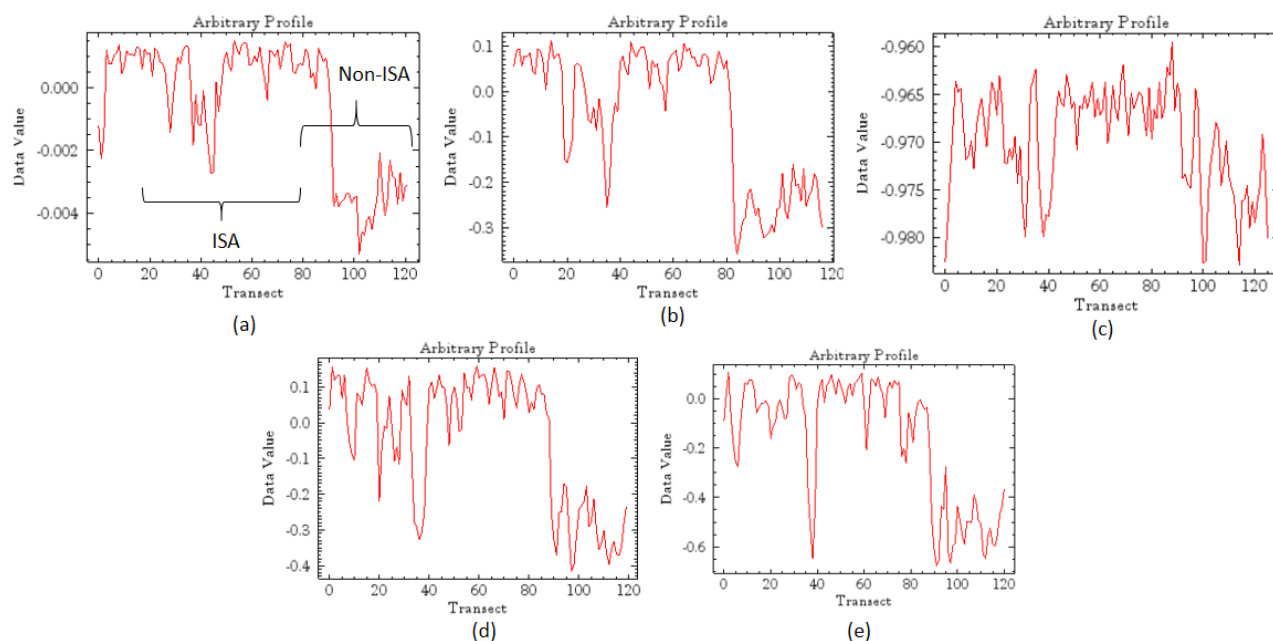
Pada tabel tersebut terlihat bahwa indeks EBBI memiliki tingkat akurasi tertinggi sebesar 96%; indeks NDBI memiliki akurasi 93%; indeks UI memiliki akurasi 86%; indeks IBI dengan akurasi 83%; dan indeks NDBaI dengan akurasi 40%. Dari ke semua indeks yang digunakan, indeks NDBaI memiliki tingkat akurasi paling kecil. Dalam pengujian *training points*, indeks ini memiliki banyak bias saat dibandingkan dengan kondisi eksisting karakteristik lahan Kota Depok. Sementara itu, indeks dengan tingkat akurasi tertinggi (EBBI dan NDBI) memiliki bias terkecil dibandingkan dengan indeks-indeks lainnya.

Di samping menggunakan nilai akurasi *confusion matrix* untuk mengetahui tingkat presisi tiap indeks dalam mengekstraksi ISA, metode perbandingan kurva spektral antar indeks pun dapat digunakan untuk mengetahui indeks mana yang sangat baik digunakan untuk mengidentifikasi kawasan ISA di Kota Depok. Metode ini digunakan oleh Sun *et al.* (2017) untuk mengetahui nilai threshold wilayah ISA di Boston Amerika Serikat. Metode ini akan menganalisis jarak (*range*) antar kurva spektral wilayah ISA terhadap wilayah non-ISA. Asumsinya, indeks yang baik adalah indeks yang mampu mengenali tingkat perbedaan spektral antara wilayah ISA dengan wilayah non-ISA secara baik. Dengan demikian, semakin jauh *range* spektral wilayah ISA dengan spektral non-ISA, maka semakin baik indeks tersebut digunakan untuk mengidentifikasi wilayah ISA di Kota Depok.



**Gambar 9.** Grafik Kurva Spektral ISA dan Non-ISA Tiap Indeks

Jarak antara nilai maksimum dan nilai minimum spektral masing-masing indeks menggambarkan kemampuan spektral indeks tersebut dalam mengenali objek ISA dan non-ISA. **Gambar 9** memperlihatkan grafik perbedaan kurva spektral wilayah ISA dan non-ISA pada tiap-tiap indeks. Pada grafik tersebut dapat dilihat *range* perbedaan kemampuan tiap indeks dalam membedakan spektral ISA dan non-ISA. Indeks UI terlihat memiliki kemampuan paling baik dalam membedakan spektral ISA dan non-ISA. Indeks ini memiliki *range* kurva paling jauh antara spektral ISA dan non-ISA. Selanjutnya, *range* kurva spektral terjauh dimiliki oleh indeks NDBI dan disusul oleh IBI. Indeks EBBI dan NDBaI terlihat memiliki *range* kurva spektral yang sangat rapat. Rapatnya jarak kurva spektral ISA dan non-ISA pada kedua indeks ini akan menyulitkan interpretasi objek di Kota Depok. Artinya, kemampuan membedakan objek ISA dan non-ISA di Kota Depok pada kedua indeks ini sangat lemah.



**Gambar 10.** Nilai *Threshold* Indeks ISA. (a) EBI, (b) IBI, (c) NDBaI, (d) NDBI dan (e) UI

Nilai spektral masing-masing indeks dalam mengekstraksi ISA di Kota Depok lebih jelas dapat dilihat pada **Gambar 10**. Dalam transek wilayah ISA dan non-ISA di Kota Depok (0-120), ditunjukkan nilai *threshold* yang dihasilkan dari perekaman masing-masing indeks. Masing-masing indeks memiliki respon yang berbeda terhadap objek ISA dan non-ISA yang ditunjukkan oleh nilai *threshold*-nya. Pada wilayah ISA, *threshold* ditandai dengan karakteristik nilai yang tinggi. Kesemua indeks menunjukkan *threshold* ISA berada pada nilai yang tinggi. Sebaliknya, nilai *threshold* objek non-ISA ditandai dengan *threshold* rendah jika dibandingkan dengan nilai *threshold* objek non-ISA. Namun demikian, nilai *threshold* ISA dan non-ISA pada indeks NDBaI menunjukkan nilai yang relatif tidak ada perbedaan signifikan. Pada rentang transek 30-40, nilai *threshold* objek ISA justru memiliki nilai yang relatif sama dengan *threshold* objek non-ISA. Karakteristik *threshold* ini dapat membuat kemampuan ekstraksi wilayah ISA oleh indeks NDBaI menjadi bias.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa area ISA di Kota Depok dapat diketahui dengan menggunakan transformasi indeks EBI (*Enhanced Built-Up and Bareness Index*); IBI (*Index-based Built-Up Index*); NDBI (*Normalised Difference Built-Up Index*); UI (*Urban Index*); dan NDBaI (*Normalised Difference Bareness Index*) pada citra Landsat-8 OLI/TIRS. Hasil transformasi menunjukkan wilayah ISA di Kota Depok menyebar secara aglomerasi di pusat kegiatan perkotaan di Kecamatan Beji, Kecamatan Sukmajaya, dan Kecamatan Pancoranmas. Sementara itu, wilayah non-ISA menyebar di area pinggiran (timur dan barat) Kota Depok.

Hasil dari penelitian ini juga memperlihatkan bahwa klasifikasi nilai ISA dapat berbeda-beda untuk tiap lokasi penelitian. Uji akurasi confusion matrix menunjukkan bahwa indeks EBI memiliki tingkat akurasi tertinggi sebesar 96%; indeks NDBI memiliki akurasi 93%; indeks UI memiliki akurasi 86%; indeks IBI dengan akurasi 83%; dan indeks NDBaI dengan akurasi 40%. berdasarkan analisis kurva spektral area ISA dan non-ISA, didapatkan informasi bahwa indeks UI merupakan indeks yang memiliki range kurva paling tinggi dalam mengekstraksi informasi ISA di Kota Depok. Sebaliknya, indeks EBI dan NDBaI memiliki range kurva paling sempit dalam mengekstraksi ISA. Sementara itu, tiga dari lima indeks yang digunakan untuk menghitung wilayah ISA yaitu NDBaI, EBI dan IBI menunjukkan bahwa wilayah ISA yang teridentifikasi lebih besar dari wilayah budidaya yang dialokasikan dalam RTRW Kota Depok 2012 – 2032 yaitu sebesar 66.13%, dengan masing – masing mengekstrak luasan ISA secara berturut – turut, NDBaI sebesar 16.789 ha (91%), EBI sebesar 13.659 ha (74%) dan IBI sebesar 12.568 ha (68%).

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penelitian ini, peneliti tidak terlepas dukungan, dorongan, dan semangat dari berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada pihak yang sudah membantu penulis.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Alhawitti, R. H., & Mitsova, D. (2016). Using Landsat-8 data to explore the correlation between urban heat island and urban land uses. *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, 5(3), 457-466.
- As-Syakur, A. R., Adnyana, I., 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(10), 2957-2970.
- Bhatti, S. S., & Tripathi, N. K. (2014). Built-up area extraction using Landsat-8 OLI imagery. *GIScience & remote sensing*, 51(4), 445-467.
- Bogoliubova, A., & Tymków, P. (2014). Accuracy assessment of automatic image processing for land cover classification of St. Petersburg protected area. *Acta Scientiarum Polonorum. Geodesia et Descriptio Terrarum*, 13(1-2).
- Cahyadi, R., & Surtiari, G. A. K. (2009). Penduduk dan Pembangunan Perumahan di JABODETABEK: Tantangan Pengembangan Megapolitan Jakarta. *Jurnal Kependudukan Indonesia*, 4(1), 55-72.
- Li, L., Lu, D., & Kuang, W. (2016). Examining urban impervious surface distribution and its dynamic change in Hangzhou metropolis. *Remote Sensing*, 8(3), 265.
- Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment (1967)*, 7(8), 769-779.
- Putri, D. A., & Widayani, P. (2018). Aplikasi Penginderaan Jauh Sistem Informasi Geografi Untuk Mengkaji Perubahan Penutup Lahan Dan Arah Perkembangan Lahan Terbangun Di Kota Batu, Provinsi Jawa. *Jurnal Bumi Indonesia*, 7(3).
- Rwanga, S. S., & Ndambuki, J. M. (2017). Accuracy assessment of land use/land cover classification using remote sensing and GIS. *International Journal of Geosciences*, 8(04), 611.
- Sun, Z., Wang, C., Guo, H., & Shang, R. (2017). A Modified Normalized Difference Impervious Surface Index (MNDISI) for Automatic Urban Mapping from Landsat Imagery. *Remote Sensing*, 9(9), 942.
- Zain, A. F., Permatasari, P. A., Ainy, C. N., Destriana, N., Mulyati, D. F., & Edi, S. (2015). The detection of urban open space at Jakarta, Bogor, Depok, and Tangerang—Indonesia by using remote sensing technique for urban ecology analysis. *Procedia Environmental Sciences*, 24, 87-94.
- Zhang, X., Pan, D., Chen, J., Zhan, Y., & Mao, Z. (2013). Using long time series of Landsat data to monitor impervious surface dynamics: a case study in the Zhoushan Islands. *Journal of Applied Remote Sensing*, 7(1).