

PEMETAAN LAHAN TERBANGUN PERKOTAAN MENGUNAKAN PENDEKATAN NDBI DAN SEGMENTASI SEMI-AUTOMATIK

Iswari Nur Hidayati¹, Suharyadi², Projo Danoedoro²

¹ Program Doktor pada Program Studi Geografi UGM

² Fakultas Geografi UGM

E-mail: iswari@geo.ugm.ac.id

ABSTRAK

Pemanfaatan data penginderaan jauh untuk studi perkotaan semakin beragam. Perkembangan metode ekstraksi citra juga mengalami perkembangan yang sangat pesat, mulai dari ekstraksi data secara visual, digital, sampai dengan ekstraksi indeks yang bisa mewakili untuk mengukur kenampakan tertentu di daerah perkotaan. Salah satunya adalah *Normalized Difference built-up index* (NDBI). Walaupun NDBI sudah banyak digunakan untuk ekstraksi kawasan terbangun di perkotaan, akan tetapi masih memiliki keterbatasan, sehingga perlu pengembangan metode yang baru untuk ekstraksi data lahan terbangun secara semi-otomatis. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan metode baru untuk ekstraksi lahan terbangun di perkotaan dengan memperhatikan peranan indeks yang lainnya. Data yang digunakan adalah citra Landsat 8 OLI, path/row 120/65. Penelitian ini mencoba menggabungkan analisis NDBI dengan beberapa indeks terkait di perkotaan seperti *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk melihat secara komprehensif kenampakan lahan terbangun perkotaan. Hasil penelitian ini melakukan proses segmentasi semi otomatis dengan hasil ketelitian pemetaan 88,51% daripada metode transformasi NDBI murni. Penelitian ini akan sangat membantu untuk memisahkan lahan kering dan lahan kosong di perkotaan sampai ambang batas tertentu.

Kata kunci: penginderaan jauh, transformasi citra, NDBI, NDVI

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Konversi lahan terbangun di perkotaan sangat cepat. Urbanisasi, daya tarik perkotaan menyebabkan perubahan penggunaan lahan dari lahan hijau menjadi lahan terbangun di perkotaan. Perubahan lahan terbangun seperti ini sudah selayaknya ditinjau menggunakan data penginderaan jauh yang mempunyai kelebihan resolusi temporal untuk melihat perubahan penggunaan lahan di perkotaan.

Perkembangan data penginderaan jauh resolusi menengah juga sangat pesat. Mulai Landsat 4, 5, ETM, ETM+, 7, dan sekarang adalah Landsat 8 OLI menawarkan karakteristik spectral dan spasial yang beragam. Perkembangan klasifikasi digital juga sangat pesat. Ekstraksi perkembangan indeks dalam penginderaan jauh mengalami perkembangan pesat. Transformasi indeks adalah cara sederhana dan efektif untuk menurunkan informasi dari data penginderaan jauh. Sebagai contoh, indeks vegetasi yang sering digunakan adalah *Normalized*

Difference Vegetation Index (NDVI) dengan melibatkan saluran inframerah dan saluran merah. Indeks untuk mencerminkan *water index* diwakili oleh *Normalized Difference Water Index* (NDWI), NDWI yang dimodifikasi menjadi *Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI) yang telah digunakan untuk ekstraksi sifat air dalam banyak aplikasi diantaranya Feyisa et al. (2014) yang melakukan ekstraksi otomatis untuk *water index* dengan menggabungkan beberapa indeks yang lain. Stefanov & Netzband (2005) memanfaatkan citra ASTER dan MODIS untuk ekstraksi NDVI dalam ekstraksi data ekologi bentang lahan di Phoenix, Arizona. Ekstraksi informasi indeks lainnya di daerah perkotaan adalah NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*). Pemanfaatan NDBI pernah digunakan oleh Kaya et al. (2011) dalam penelitian Analisis multitemporal untuk perubahan lahan perkotaan di Turki. Xu et al. (2013) menggunakan NDBI untuk pemetaan lahan terbangun berdasarkan citra ASTER dan Landsat ETM+. Peranan NDBI pada penelitian ini adalah sebagai salah satu parameter penelitian untuk pemetaan lahan terbangun di *coastal area*. Hidayati, et al., (2014) melakukan penelitian tentang trend kenaikan temperatur di Yogyakarta. Dari penelitian tersebut memperlihatkan bahwa peningkatan NDBI menjadi salah satu parameter untuk kenaikan suhu di perkotaan. Permasalahan yang muncul dalam ekstraksi lahan terbangun adalah sangat kesulitan dalam membedakan secara visual lahan kosong dan area lahan terbangun dalam suatu scene citra dikarenakan kompleksitas dan persamaan respon spektral yang tinggi (Zha et al. 2003).

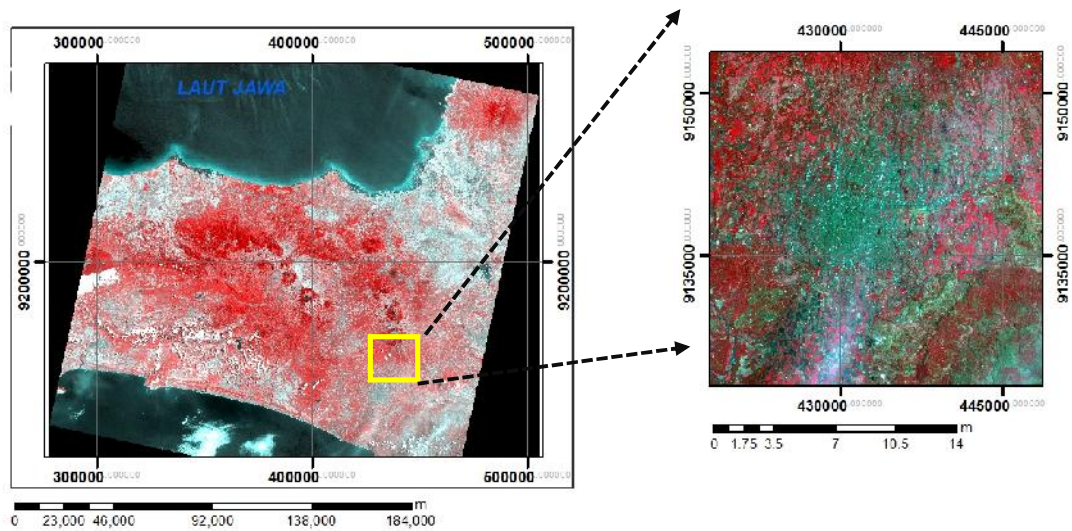
Beberapa indeks telah dikembangkan untuk mengatasi permasalahan ini. Misalnya *Normalized Difference Bareness Index* (NDBaI), akan tetapi indeks ini harus menentukan nilai ambang batas secara interaktif untuk ekstraksi lahan kosong. Nilai ambang yang tinggi akan menganggap bahwa lahan kosong itu tidak ada, sedangkan nilai ambang batas yang rendah akan menghasilkan over estimasi untuk lahan terbangun di perkotaan. Penelitian dilakukan terus menerus dengan skala, lokasi, dan kombinasi indeks yang berbeda sangat dibutuhkan untuk menemukan kerangka pemikiran terkait ekstraksi lahan terbangun.

Penelitian ini bertujuan untuk menemukan suatu metode yang menggabungkan NDBI dengan NDVI untuk ekstraksi lahan terbangun di perkotaan. NDBI dipilih dikarenakan memang indeks ini mewakili daerah perkotaan. NDVI terpilih dikarenakan indeks ini dapat mewakili keberadaan vegetasi di area perkotaan, yang itu berarti bahwa lahan bervegetasi akan mempengaruhi keberadaan lahan kosong di perkotaan.

METODE

Area Penelitian

Citra yang digunakan dalam penelitian adalah Citra Landsat 8 OLI path/row 120/65, tanggal perekaman 18 September 2015, di wilayah Perkotaan Yogyakarta. Secara detail tergambar pada gambar 1.



Gambar 1. Daerah Penelitian
 (Sumber: Citra Landsat 8 OLI)

Citra Landsat 8 OLI mempunyai 11 saluran, dengan variasi resolusi spasial 30 m (Saluran *coastal aerosol*, *blue*, *green*, *red*, *near infra-red*, *SWIR 1*, *SWIR 2*, *Cirrus*), 15 m (saluran pankromatik), 100 m (saluran inframerah termal 1 dan saluran inframerah termal 2). Tahapan penelitian ini adalah pre-processing citra, transformasi citra, dan analisis citra. Pengolahan citra Landsat secara detail adalah sebagai berikut:

Koreksi Radiometrik Citra

- a. Konversi nilai piksel ke nilai radian spectral (TOA Radiance)

Persamaan berikut merupakan persamaan dasar yang digunakan untuk melakukan konversi nilai piksel menjadi nilai radian spectral (Chander et al. 2009):

$$L_{\lambda} = \frac{(Q_{cal} - Q_{CAL_{min}})}{Q_{CAL_{max}} - Q_{CAL_{min}}} \times (L_{MAX} - L_{MIN}) + L_{MIN} \quad (1)$$

Dimana :

- L_{λ} = radian spektral pada sensor ($W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$),
- Q_{cal} = nilai piksel (DN),
- $Q_{cal_{min}}$ = nilai minimum piksel yang mengacu pada L_{MIN} (DN),
- $Q_{cal_{max}}$ = nilai maksimum piksel yang mengacu pada L_{MAX} (DN),
- L_{MIN} = nilai minimal radian spektral ($W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$), dan
- L_{MAX} = nilai maksimal radian spektral ($W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$).

- b. Konversi Nilai Piksel ke Nilai Reflektan (TOA Reflectance)

Koreksi pada landsat 8 tidak menggunakan nilai radian spektral (L_{λ}), nilai yang digunakan adalah rescaling nilai piksel (Q_{cal}). Pada Landsat 8, koreksi reflektan didapatkan dengan persamaan (Chander et al. 2009):

$$\rho_{\lambda}' = \frac{M_p Q_{cal}}{L_{MAX} - L_{MIN}} + L_{MIN} \quad (2)$$

Di mana :

$\rho\lambda'$ = hasil pengolahan sebelumnya, tanpa koreksi sudut pengambilan. $\rho\lambda'$ tidak memuat koreksi untuk sudut matahari

Q_{cal} = nilai piksel (DN),

M_p = konstanta rescalling (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, di mana x adalah band yang digunakan)

A_p = konstanta penambah (REFLECTANCE_ADD_BAND_x, di mana x adalah band yang digunakan)

Hasil pengolahan ini ($\rho\lambda'$), nilai min dan maks tergantung pada nilai yang tertera pada metadata. Nilainya dapat bervariasi tergantung sudut matahari pada saat perekaman.

$$\rho\lambda' = \dots\dots\dots(3)$$

Di mana:

$\rho\lambda'$ = TOA planetary reflectance (tanpa unit),

θ_{se} = Sudut elevasi matahari ketika perekaman (*sun elevation*)

Koreksi Geometrik Citra

Koreksi geometrik citra dilakukan karena saat perekaman tidak sepenuhnya terbebas dari gangguan atau kesalahan geometrik. Metode interpolasi nilai piksel yang digunakan yaitu *nearest neighbour* sebab citra terkoreksi akan digunakan untuk klasifikasi citra digital, analisis kuantitatif sehingga diperlukan nilai piksel yang tidak besar perubahannya.

Transformasi Indeks Citra

a. NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) atau indeks lahan terbangun merupakan suatu algoritma untuk menunjukkan kerapatan lahan terbangun/*bare soil* (Guo et al. 2015). NDBI sangat sensitif terhadap lahan terbangun atau lahan terbuka. Algoritma ini dipilih karena merupakan transformasi yang paling sering digunakan untuk mengkaji indeks lahan terbangun. Formula NDBI adalah sebagai berikut :

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \dots\dots\dots(1)$$

b. NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan perhitungan citra yang digunakan untuk mengetahui tingkat kehijauan, yang sangat baik sebagai awal dari pembagian daerah vegetasi. NDVI memiliki nilai berkisar antara -1.0 hingga +1.0 (Guo et al. 2015). Nilai yang lebih besar dari 0.1 biasanya menandakan peningkatan derajat kehijauan dan intensitas dari vegetasi.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \dots\dots\dots(2)$$

Re-Classification

Proses *re-classification* ini dilakukan untuk segmentasi semi otomatis citra. Nilai NDBI original (NDBIc) kemudian dikelaskan menjadi dua kelas, yaitu nilai NDBI yang mempunyai nilai negative (<0) diberikan nilai 0, dan NDBI yang

bernilai positif diberikan nilai 255. Proses re-class untuk NDBIc diberi nama NDBIb. Sedangkan proses re-class untuk NDVI original (NDBIc) diberi nama NDBIb yaitu membuat dua kelas dari range nilai NDVIc. NDVIc yang mempunyai nilai negative diberi nilai 0, sedangkan range nilai positif akan diganti menjadi 255.

Proses selanjutnya adalah melakukan ekstraksi lahan terbangun dengan rumus:

$$BU_b = NDBI_b - NDVI_b \dots\dots\dots(9)$$

Dimana BU_b adalah nilai citra biner resultan dengan menampilkan piksel yang mempunyai lahan terbangun dan lahan terbuka yang memiliki nilai positif, sehingga area lahan terbangun dapat dipetakan secara otomatis.

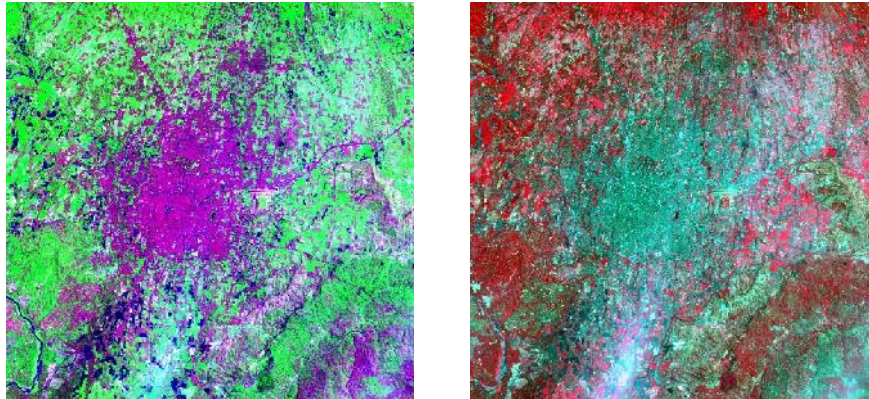
Nilai yang dihasilkan dari BU_b adalah nilai indeks biner, sedangkan nilai pada BU_c adalah nilai indeks secara kontinyu. Semakin tinggi nilai BU_c maka semakin tinggi pula kemungkinan pixel menjadi area lahan terbangun. Dengan memperhitungkan nilai ambang optimal, maka nilai BU_c yang tersegmentasi menjadi citra biner yaitu 0 untuk area non lahan terbangun dan 255 untuk area lahan terbangun. Proses pencarian nilai 0 dan 255 ini dilakukan beberapa kali dengan *trial* dan *error*. Pada awal penelitian ini dimulai, proses penentuan biner dilakukan setelah NDVI dan NDBI, harus memperhatikan distribusi nilai citra. Apabila nilai citra tidak terdistribusi normal, maka perlu dilakukan normalisasi nilai citra terlebih dahulu sehingga akan menghasilkan nilai indeks yang bagus (Chen et al. 2006). Metode semi-otomatik yang dimaksudkan adalah pembuatan nilai biner dengan mempertimbangkan keterlibatan seorang analisis gambar selama pemilihan sampel penelitian sehingga dapat mengelompokkan satu citra continue untuk mendeteksi perubahan penggunaan lahan terbangun tersebut.

Uji Akurasi Citra

Uji akurasi pada penelitian ini menggunakan *confusion matrix* yaitu tabel yang berisi tentang informasi klasifikasi actual dengan prediksi (hasil) cek lapangan (Kohavi dan Provost, 1998). Uji akurasi citra ini menggunakan citra hasil NDBI dan NDVI dengan data kontinyu, NDBI dan NDVI dengan data biner, dan BU baik itu data kontinyu maupun data biner. Hasil pengukuran lapangan sebanyak 80 titik digunakan sebagai *ground truth* untuk uji akurasi.

HASIL

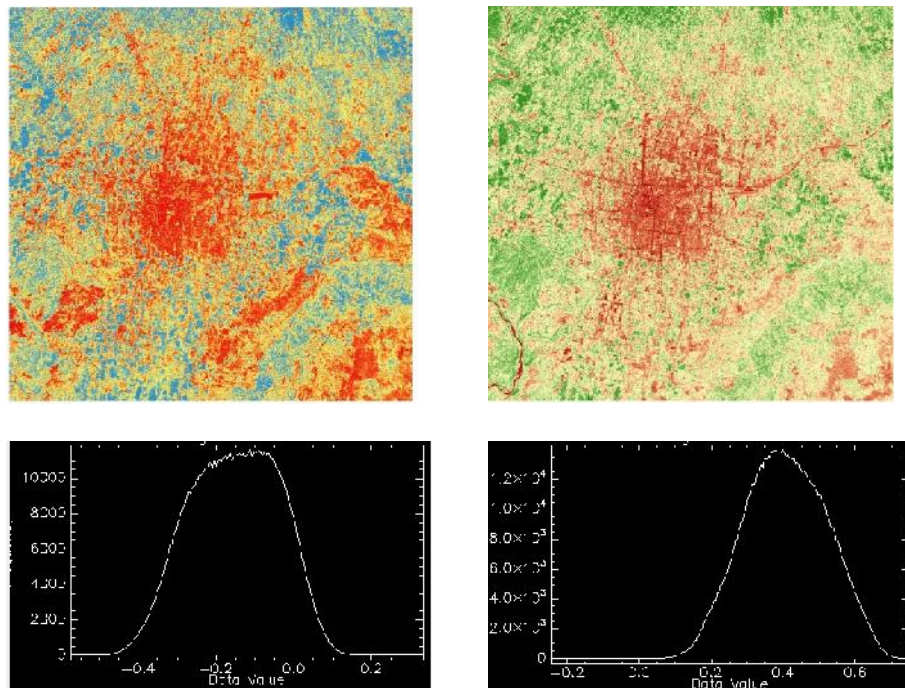
Tahapan pemrosesan citra adalah Koreksi radiometrik citra Landsat 8 OLI. Koreksi geometrik juga dilakukan untuk menjadikan posisi piksel pada posisi yang sebenarnya. Proses yang tidak boleh ditinggalkan adalah proses perubahan nilai piksel menjadi reflektan dikarenakan proses yang akan dilanjutkan adalah proses pemrosesan citra berbasis indeks. Hal yang menjadi *stressing point* dalam hal ini adalah distribusi nilai piksel dan histogram citra. Distribusi nilai piksel akan berpengaruh pada proses normalisasi citra dan proses pembuatan transformasi citra. Gambar 2.



Gambar 2. (a) Citra *False Color Composite* Citra Landsat 8 OLI kombinasi 7,5,4. (b) Citra *False Color Composite* Citra Landsat 8 OLI kombinasi 5,4,3

(Sumber: Pengolahan Data, 2017)

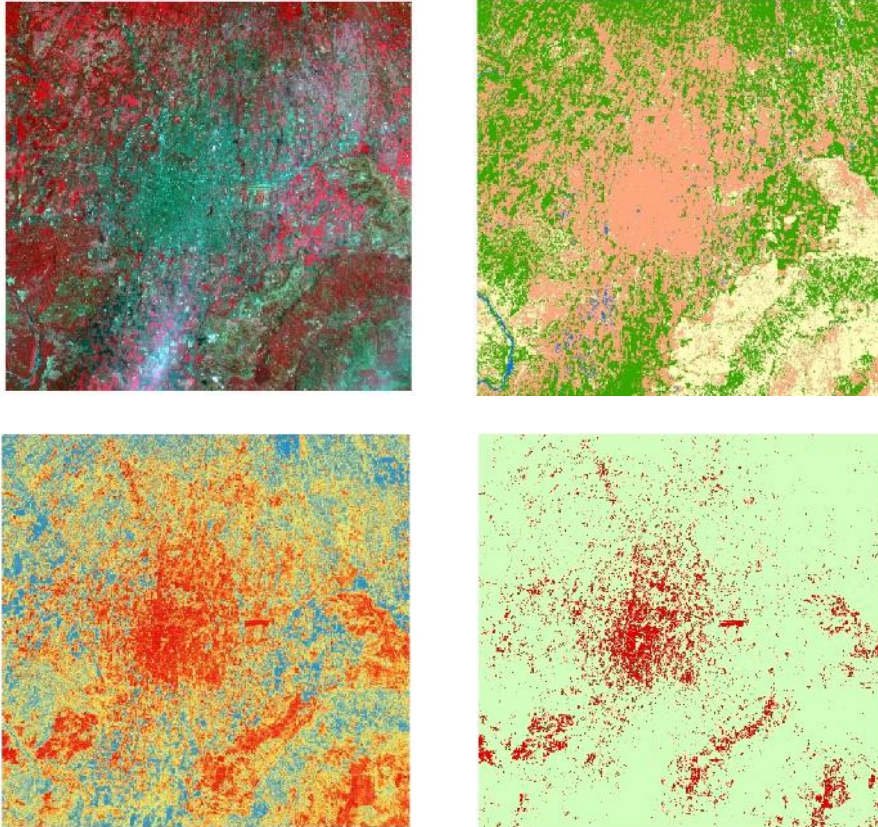
Citra Landsat 8 OLI yang telah dilakukan perubahan nilai piksel ke reflektan, kemudian dibuat transformasi indeks yaitu Transformasi Indeks Lahan Terbangun (NDBI) dan Transformasi Indeks Vegetasi (NDVI). Range nilai NDBI dan NDVI adalah -1 sampai dengan 1. Gambar 3 akan menggambarkan hasil transformasi NDBI dan NDVI.



Gambar 3. (a) Hasil Transformasi NDBI. (b) Hasil Transformasi NDVI; (c) Histogram nilai NDBI; (d) Histogram nilai NDVI

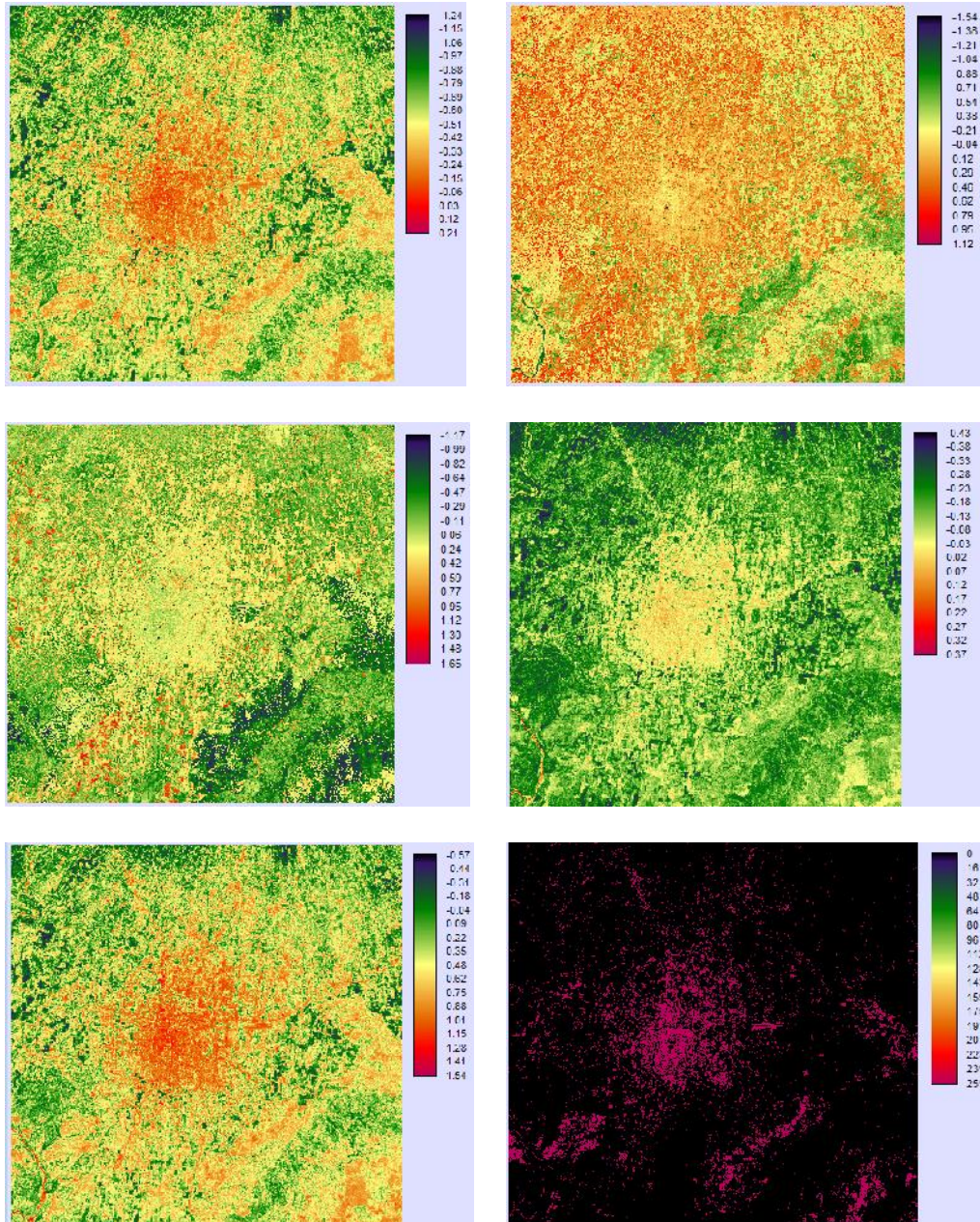
(Sumber: Pengolahan Data, 2017)

Proses semi-otomatis dalam penelitian ini adalah proses biner yang dilakukan terhadap hasil transformasi NDBI dan NDVI. Proses semi otomatis ini tentu saja memerlukan proses yang panjang untuk mengetahui nilai 0 dan 255, sebagai perwakilan bahwa nilai 0 adalah bukan lahan terbangun dan 255 adalah lahan terbangun. Normalisasi dalam penelitian, khusus penggunaan citra ini tidak dilakukan dikarenakan distribusi nilai piksel sudah merata.



Gambar 4. (a) Citra Asli komposit 5,4,3; (b) Hasil Klasifikasi *Maximum Likelihood*; (c) Hasil Transformasi Citra NDBI; (d) Hasil semi-otomatis lahan terbangun (Sumber: *Pengolahan Data*, 2017)

Hasil pada gambar 3(d) menunjukkan distribusi lahan terbangun yang diolah menggunakan transformasi NDBI. Langkah selanjutnya adalah memadukan antara hasil transformasi NDBI dengan transformasi NDVI untuk melihat keterkaitan respon spectral pada lahan terbangun.



Gambar 5. Proses Segmentasi Semi-Automatik

- (a) Hasil NDBI-NDVI dengan data kontinu; (b) Distribusi piksel residu untuk lahan terbangun; (c) Distribusi nilai piksel residu lahan terbangun terhadap klasifikasi; (d) Hasil perhitungan crosstab NDBI dan NDVI; (e) Perhitungan NDBI kombinasi NDBI dan NDVI terhadap klasifikasi *maximum likelihood*; (f) Hasil semi otomatis NDBI-NDVI;

(Sumber: Hasil Pengolahan, 2017)

Proses akhir dari segmentasi semi-otomatis ini memberikan hasil bahwa transformasi lahan terbangun dapat diperoleh dari kombinasi NDBI dan NDVI. Beberapa kombinasi ini menunjukkan tentang sebaran lahan terbangun.

PEMBAHASAN

Asumsi yang mendasari pembuatan NDBI adalah pantulan spektral yang melibatkan saluran SWIR dan NIR. NDBI adalah transformasi yang efektif untuk memetakan area lahan terbangun di perkotaan secara otomatis menggunakan citra Landsat 8 OLI. Karakteristik pantulan spektral di perkotaan juga dipengaruhi oleh musim walaupun sebenarnya metode ekstraksi atau transformasi citra di perkotaan tidak terlalu terpengaruh oleh perbedaan musim, selain pada transformasi vegetasi perkotaan. NDBI asli menawarkan kemudahan bagi pengguna yang berkecimpung di wilayah perkotaan. Akan tetapi, pendekatan ini mempunyai kelemahan yaitu penguraian nilai NDBI yang diturunkan dan citra NDVI tidak dapat memisahkan lahan terbangun dengan lahan kosong. NDBI dan NDVI mengalami kesalahan komisi yaitu menunjukkan beberapa area vegetasi menjadi lahan terbangun perkotaan karena memang terpengaruh oleh respon spektral citra. *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI) yang dikembangkan oleh beberapa ahli sebelumnya yaitu Zha et al., (2003) tentang ekstraksi otomatis NDBI dari data Landsat TM. Hasil yang didapat sebanding dengan interpretasi manual. Keterbatasan dari pengembangan NDBI secara umum adalah hanya bisa memetakan daerah perkotaan, misalnya kawasan industri, komersial, dan hunian perkotaan tidak mungkin dipisahkan. NDBI juga tidak bisa memisahkan antara lahan terbangun dengan lahan tandus.

Mengatasi permasalahan bercampurnya lahan terbangun, lahan kosong, dan vegetasi tentu membutuhkan penelitian yang beraneka ragam. Penelitian ini melakukan segmentasi secara otomatis untuk citra continue (NDBI dan NDVI) yang dihasilkan dengan melihat nilai ambang optimal yang ditentukan oleh segmentasi semi-otomatik. NDBI dan NDVI yang diturunkan ke dalam citra biner. Proses untuk menuju biner tentunya harus memperhatikan karakteristik data dari piksel asli, citra yang sudah terkoreksi radiometric, dan distribusi nilai indeks itu sendiri. Asumsi nilai NDBI positif harus menunjukkan lahan terbangun dan NDVI positif adalah vegetasi. Lahan terbangun perkotaan harus terpisah dari lahan kosong sampai ambang batas tertentu. Yang menarik dalam penelitian ini adalah pendekatan yang diusulkan menghapuskan asumsi bahwa nilai NDBI positif harus menunjukkan lahan terbangun sedangkan nilai NDVI positif seharusnya mengindikasikan vegetasi. Dari hasil perhitungan uji akurasi, penelitian ini menghasilkan 88,51% untuk lahan terbangun di perkotaan.

Namun penelitian ini masih mengalami keterbatasan. Pertama, penelitian ini hanya bisa memetakan lahan terbangun dan non-terbangun area. Penelitian ini belum bisa memisahkan kawasan industri perkotaan, kawasan hunian, perkantoran, maupun kawasan lainnya di perkotaan. Kedua, faktor kelembaban atau *water index* sudah sepantasnya dikembangkan dalam penelitian selanjutnya. Kelemahan yang terlihat adalah pada penggunaan lahan di bantaran sungai misalnya, masih bercampur antara vegetasi, lahan kosong, dan lahan basah. Ketiga, hasil indeks ini seharusnya diuji cobakan ditempat lain dengan karakteristik spektral, spasial yang berbeda sehingga akan memberikan masukan pada penelitian berikutnya.

KESIMPULAN

Untuk penelitian di perkotaan, jenis penggunaan lahan yang ada tidak boleh diabaikan dalam penelitian. Penelitian ini mengakomodir dua pendekatan transformasi yang digunakan di perkotaan yaitu NDBI dan NDVI. Indeks yang dibangun dengan melakukan kombinasi NDBI dan NDVI menghasilkan lahan terbangun di perkotaan dan lebih valid jika dibandingkan segmentasi otomatis NDBI. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi keduanya memiliki akurasi yang lebih baik yaitu 88,51% jika dibandingkan nilai NDBI murni. Kesimpulan yang menarik lainnya adalah nilai ambang batas dalam NDBI yaitu nilai negatif dalam NDBI tidak selalu menunjukkan bahwa *non-built-up area*, begitu juga nilai NDVI positif belum tentu mengindikasikan vegetasi.

PENGHARGAAN (*acknowledgement*)

Penelitian ini adalah bagian dari penelitian disertasi Iswari Nur Hidayati. Penulis mengucapkan terima kasih kepada BPPS yang memberikan pembiayaan studi. Ucapan terima kasih disampaikan kepada USGS yang menyediakan data Landsat 8 OLI sehingga penulis bisa melakukan eksplorasi terkait data ini.

REFERENSI

- Chander, G., Markham, B.L. & Helder, D.L., 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 113(5), hal.893–903. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2009.01.007>.
- Chen, X.L. et al., 2006. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing of Environment*, 104(2), hal.133–146.
- Feyisa, G.L. et al., 2014. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140, hal.23–35. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.029>.
- Guo, G. et al., 2015. Impacts of urban biophysical composition on land surface temperature in urban heat island clusters. *Landscape and Urban Planning*, 135, hal.1–10. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.11.007>.
- Kaya, S. et al., 2011. MULTI-TEMPORAL ANALYSIS OF URBAN AREA CHANGES USING BUILT-UP. , hal.1–6.
- Stefanov, W.L. & Netzband, M., 2005. Assessment of ASTER land cover and MODIS NDVI data at multiple scales for ecological characterization of an arid urban center. *Remote Sensing of Environment*, 99(1–2), hal.31–43.
- Xu, H., Huang, S. & Zhang, T., 2013. Built-up land mapping capabilities of the ASTER and Landsat ETM+ sensors in coastal areas of southeastern China. *Advances in Space Research*, 52(8), hal.1437–1449. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2013.07.026>.
- Zha, Y., Gao, J. & Ni, S., 2017. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. , 1161(March).