

MODEL SPASIAL MONITORING PERKEMBANGAN KAWASAN TERBANGUN DENGAN EBBI DI KOTA SEMARANG

Bandi Sasmito¹

¹Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang-75123 Telp./Faks: (024) 736834,
*e-mail: bandy.geo96@gmail.com, bandi@undip.ac.id

(Diterima 02 Mei 2019, Disetujui 27 Mei 2019)

ABSTRAK

Kawasan terbangun di Kota Semarang mengalami perkembangan pesat. Perencanaan dan pengawasan diperlukan agar tidak berdampak pada semakin sedikitnya tutupan lahan vegetasi. Pemetaan skala besar perlu dilakukan dengan cepat serta berdimensi waktu untuk seluruh kawasan. Penginderaan jauh adalah teknologi yang memungkinkan untuk membangun model spasial semacam ini. Pada penelitian ini digunakan algoritma *Enhanced Built-Up and Bareness Index* (EBBI) untuk melakukan monitoring perkembangan kawasan terbangun di Kota Semarang. Algoritma EBBI dipilih karena dapat membedakan antara lahan kosong dan kawasan terbangun dengan sangat baik. Analisis perubahan luas kawasan terbangun dan lahan kosong dilakukan multi temporal pada tahun 2013, 2015, dan 2018. Hasil dari analisis tersebut digunakan untuk monitoring perkembangan kawasan terbangun di Kota Semarang.

Kata kunci : *Penginderaan Jauh, Tata Kota, Kota Semarang, Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI)*

ABSTRACT

Built in area Semarang City is developing very fast. Planning and supervision are needed so as not to have an impact on the less vegetation land cover. Large-scale mapping needs to be carried out quickly and with time dimensions for the entire region. Remote sensing is technology that makes it possible to build spatial models of this kind. In this study, the Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) algorithm was used to monitor the development of the built area in Semarang City. The EBBI algorithm is chosen because it can distinguish between vacant land and the built area very well. Analysis of changes in the area of built up area and vacant land was carried out multi-temporally in 2013, 2015, and 2018. The results of the analysis were used to monitor the development of the built area in the City of Semarang.

Keywords : *Remote Sensing, City Planning, City of Semarang, Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI)*

1. PENDAHULUAN

Laju pertumbuhan penduduk di Indonesia semakin pesat, bertambahnya jumlah penduduk maka kebutuhan lapangan pekerjaan, tempat tinggal dan kebutuhan pangan akan meningkat. Jika hal tersebut terjadi maka akan terjadi perubahan tutupan lahan. Perubahan tutupan lahan dapat berdampak positif maupun negatif. Dampak positifnya adalah semakin berkembangnya perekonomian kawasan tersebut jika mengalami perubahan tutupan lahan menjadi kawasan terbangun. Dampak negatifnya adalah ketersediaan lahan yang semakin lama semakin berkurang. Jika hal itu tidak ditangani dapat menyebabkan kekurangan lahan untuk tempat tinggal seiring dengan perubahan tutupan lahan menjadi kawasan terbangun. Tidak hanya itu, perubahan tutupan lahan jika tidak diatur dan dikelola dapat menimbulkan banyaknya kawasan terbangun non pemukiman namun semakin sedikitnya kawasan terbangun pemukiman. Laju pertumbuhan

penduduk tersebut sering terjadi pada kota-kota khususnya di Pulau Jawa.

Kota adalah pemukiman manusia yang besar (Goodall, 1987; Kuper, A. and Kuper, J., 1996). Kota menurut UU Nomor 22 Tahun 1999 Tentang Otonomi Daerah adalah kawasan yang mempunyai kegiatan utama bukan pertanian dengan susunan fungsi kawasan sebagai tempat pelayanan jasa pemerintahan, pelayanan sosial dan kegiatan ekonomi. Selain itu Kota merupakan kawasan yang memiliki tingkat kepadatan penduduk yang tinggi. Hal ini terjadi karena penduduk pinggiran kota (peri urban) dan kawasan pedesaan (rural) melakukan urbanisasi untuk meningkatkan kualitas hidup mereka disamping karena Kota merupakan pusat pemerintahan dan jasa dan tempat di mana kegiatan perdagangan, industri, dan hiburan, sebagai contoh adalah Kota Semarang.

Kota Semarang termasuk kota besar yang memiliki potensi perubahan penggunaan kawasan terbangun yang pesat karena memiliki daya tarik yang tinggi bagi

para imigran. Terpusatnya kegiatan industri yang ada di Semarang menciptakan lapangan pekerjaan yang banyak bagi para pendatang (Nahib, 2016)

Perencanaan dalam mengelola perubahan tutupan lahan menjadi kawasan terbangun. Perencanaan yang dilakukan membutuhkan peta mengenai kawasan terbangun dengan menggunakan metode penginderaan jauh. Namun penggunaan penginderaan jauh yang digunakan dalam pemetaan kawasan terbangun kurang akurat, Hal ini disebabkan algoritma pada metode ini kurang dapat membedakan antara kawasan terbangun dan lahan kosong. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (As-syakur, Adnyana, Arthana, & Nuarsa, 2012). Algoritma dalam pengolahan Kawasan terbangun yaitu kawasan terbangun dan lahan kosong adalah menggunakan algoritma Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI). EBBI dipilih karena dapat membedakan dalam pemetaan kawasan terbangun dan lahan kosong secara langsung dibandingkan dengan algoritma lain seperti IBI yang mampu memetakan kawasan terbangun lebih baik namun tidak dapat memetakan lahan kosong. Begitu juga NDBal yang mampu memetakan lahan kosong lebih baik namun tidak dapat memetakan kawasan terbangun.

Penelitian ini menggunakan persamaan Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) untuk mendeteksi kawasan terbangun dan kawasan terbuka. Digunakan algoritma ini dikarenakan dapat membedakan kawasan terbangun dan lahan kosong dalam pemetaan kawasan terbangun sehingga dalam perencanaan pembangunan kawasan terbangun dapat memberikan informasi yang akurat mengenai kawasan terbangun dan lahan kosong.

Data menggunakan band 5, 6 dan 10 (NIR, SWIR, TIR) pada citra Landsat 8 OLI/TIRS. Data Citra yang digunakan adalah citra tahun 2013, 2015, dan 2017. Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah penerapan dan penilaian algoritma EBBI dalam pemetaan serta monitoring kawasan terbangun dan lahan kosong di Kota Semarang tahun 2017.

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah citra yang digunakan adalah citra landsat-8 tahun 2013, 2015, dan 2017, dengan koreksi radiometrik bottom of atmosphere (BoA) untuk band 5,6 dan koreksi radiometrik untuk band10 tanpa koreksi geometrik, karena citra landsat 8 sudah terkoreksi secara geometrik. Penelitian artikel ini menggunakan algoritma enhanced built up and bareness index (EBBI) dalam pengolahan data. Proses klasifikasi citra menggunakan threshold dengan rentang yang dimodifikasi dari penelitian (Sekertekin, Abdikan, & Marangoz, 2018) yaitu 0.00000001 – 0.00464 merupakan kawasan terbangun, dan > 0.00464 merupakan lahan kosong. Validasi data hasil klasifikasi kawasan terbangun dan lahan kosong digunakan untuk mengetahui berapa persen kesesuaian hasil validasi dengan hasil klasifikasi pada citra tahun 2017 dengan menghitung jumlah kesesuaiannya. Analisis dilakukan

untuk mengetahui perubahan luas dari kawasan terbangun dan lahan kosong tahun 2013, 2015, dan 2017 baik luas total maupun luas setiap kecamatan dalam satuan m².

2. DATA DAN METODOLOGI

Kota Semarang terletak antara garis 6°50' - 7°10' Lintang Selatan dan garis 109°35' - 110°50' Bujur Timur. Dibatasi sebelah Barat dengan Kabupaten Kendal, sebelah Timur dengan kabupaten Demak, sebelah Selatan dengan kabupaten Semarang dan sebelah Utara dibatasi oleh Laut Jawa dengan panjang garis pantai meliputi 13,6 Km. Ketinggian Kota Semarang terletak antara 0,75 sampai dengan 348,00 di atas garis pantai (BPS, 2017), sedangkan dataran tinggi di Kota Semarang terletak di daerah Kecamatan Candi, Mijen, Gunungpati, Tembalang dan Banyumanik. Kota Semarang mempunyai batas wilayah sebelah utara adalah Laut Jawa, sebelah selatan adalah Kabupaten Semarang, sebelah timur adalah Kabupaten Demak, sebelah barat adalah Kabupaten Kendal.

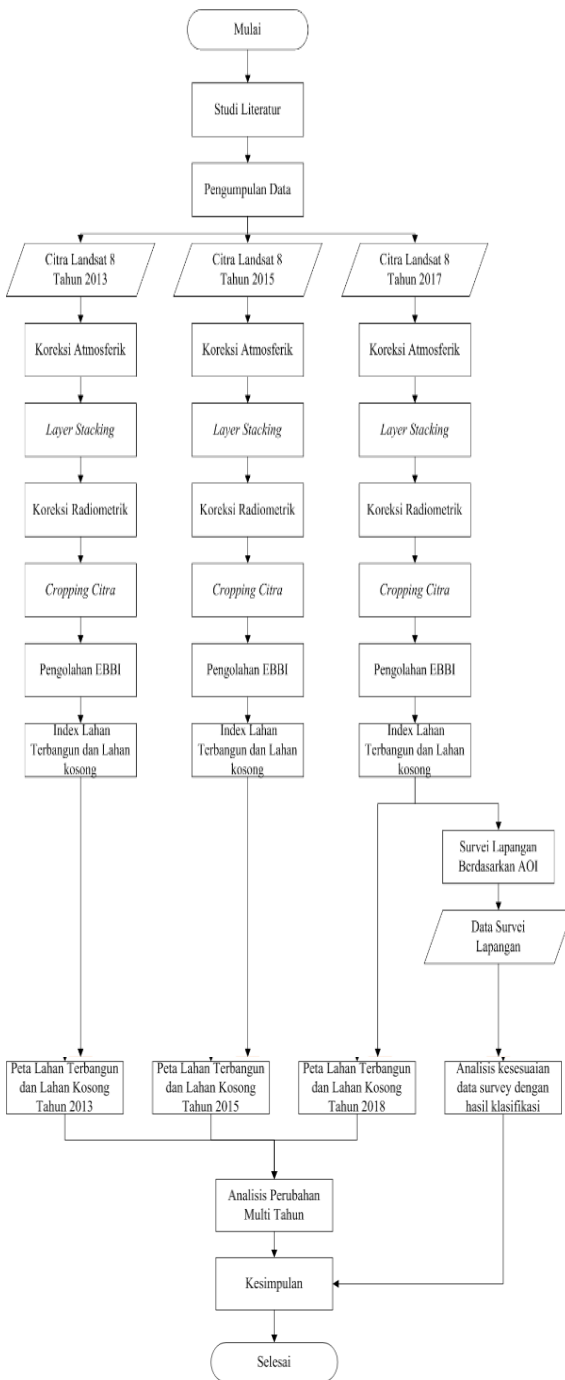
Penelitian tentang kota menggunakan metode Penginderaan Jauh telah banyak dilakukan dengan berbagai macam teknik. (Sinha & Verma, 2016) Mengklasifikasikan kawasan terbangun dengan menggunakan algoritma gabungan dari *Normalised Difference Built-Up Index* (NDBI) dan *Urban Index* (UI) menjadi *New Built-Up Index* (NBUI). (Handayani & Sasmito, 2017) Mengklasifikasikan Kawasan terbangun dengan menggunakan algoritma *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI) metode klasifikasi tak terbimbing nilai index dari penelitian terdahulu. (Purwanto, Utomo, & Kurniawan, 2016) Menggunakan citra landsat 8 tahun 2013 untuk mengklasifikasikan tutupan lahan dan perubahan tutupan lahan dengan algoritma NDBI. Menghitung kawasan terbangun dan perubahan tutupan lahan menjadi kawasan terbangun menggunakan metode Sistem Informasi Geografis dan dengan menggunakan parameter spasial (fisik)

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peta dasar dan citra multispectral yang ditunjukkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Data Penelitian

No	Data	Sumber	Tahun
1	Peta Rupa bumi Indonesia	BIG	2011
2	Landsat 8	USGS	2013, 2015, 2017
4	Validasi Lapangan	Hasil survei	2018

Metodologi dalam penelitian ini dapat dirangkum dalam diagram alir pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir Metode Penelitian

Landsat terakhir adalah landsat 8 yang dapat dikatakan melanjutkan misi landsat 7 karena karakteristiknya mirip, baik dari resolusi, metode koreksi, ketinggian terbang maupun karakteristik sensor yang dibawa. Landsat 8 juga mengalami penyempurnaan seperti jumlah band, rentang spektrum

gelombang elektromagnetik terendah yang dapat ditangkap sensor serta nilai bit (rentang nilai Digital Number) dari tiap piksel citra (USGS, 2015). Resolusi spasial untuk keenam saluran spektral sebesar 30 meter, sedangkan resolusi spasial untuk saluran inframerah thermal adalah 120 m (Jensen, 2000)

Koreksi radiometric dan atmosferic dilakukan dalam penelitian ini. Koreksi ini sangat perlu dilakukan untuk menghilangkan distorsi yang disebabkan oleh kondisi atmosfer dan posisi sensor terhadap obyek dari posisi matahari (Pons, Pesquer, Cristóbal, & González-Guerrero, 2014)

Selanjutnya dilakukan pengolahan *Enhanced Built-Up and Bareness Index* (EBBI). EBBI dapat memetakan dan membedakan antara kawasan terbangun dan lahan kosong. EBBI menggunakan panjang gelombang 0,83 µm, 1,65 µm, dan 11,45 µm (NIR, SWIR, dan TIRS) pada citra Landsat 8 OLI/TIRS. Panjang gelombang ini dipilih berdasarkan rentang pantulan kontras dan penyerapan di kawasan terbangun dan lahan kosong. Diambil dari (As-syakur et al., 2012) persamaan dalam penggunaan algoritma EBBI adalah sebagai berikut :

$$EBBI = \frac{SWIR - NIR}{10\sqrt{SWIR + TIRS}} \dots\dots\dots(1)$$

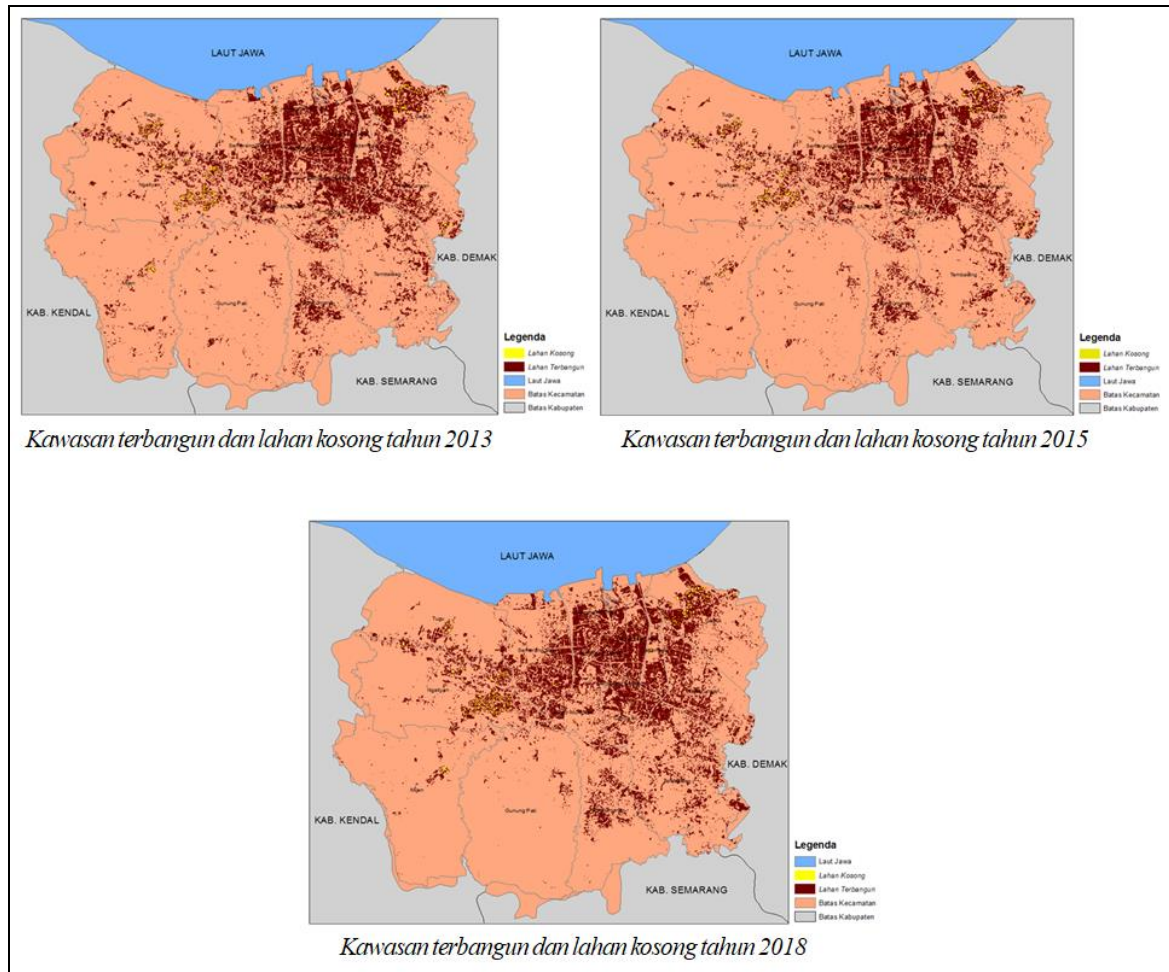
Dimana :

- NIR = Nilai spektral saluran Near Infrared
- SWIR = Nilai spektral saluran Short Wave Infrared
- TIRS = Nilai spectral saluran Thermal Infrared Sensor

Tahap selanjutnya adalah tahap klasifikasi dengan membuat threshold untuk mengelaskan kawasan terbangun dan lahan kosong. Rentang yang digunakan adalah 0.000000001 -0.00464 merupakan kawasan terbangun. Sedangkan >0.00464 hingga nilai maximum hasil pengolahan merupakan lahan kosong. Rentang ini diperoleh dari pengembangan studi terdahulu yaitu dari (As-syakur et al., 2012) dan (Sekertekin et al., 2018) Hasil dari klasifikasi selanjutnya dianalisis mengenai perubahan luas dari kawasan terbangun dan lahan kosong dari tahun 2013, 2015, dan 2017.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil klasifikasi kawasan terbangun dan lahan kosong di kota Semarang akan diketahui sebaran dan luasnya. Klasifikasi tutupan lahan Kota Semarang secara multi-temporal dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Klasifikasi kawasan terbangun dan lahan kosong multi-temporal

Gambar 2 menunjukkan persebaran kawasan terbangun dan lahan kosong di Kota Semarang. Pada gambar diatas dapat diamati bahwa terdapat beberapa kecamatan di Semarang yang memiliki tingkat kawasan terbangun yang tinggi, sedangkan beberapa kawasan terbangun tersebar pada kecamatan lain dan tidak merata. Selain hasil visualisasi persebaran kawasan terbangun dan lahan kosong, terdapat tabel yang menyatakan jumlah kawasan terbangun dan lahan kosong secara angka, yaitu sebagai berikut.

Tabel 2 Luas kawasan terbangun multi-temporal tahun 2013, 2015, dan 2018

Kecamatan	Tahun 2013 (m ²)	Tahun 2015 (m ²)	Tahun 2017 (m ²)
Semarang Utara	16.735.500	14.958.000	15.785.100
Semarang Barat	11.800.800	6.561.000	9.629.100
Tugu	9.990.000	2.799.900	3.507.300
Tembalang	13.209.300	5.362.200	18.474.300

Semarang Timur	14.636.700	13.563.000	10.647.900
Semarang Tengah	15.259.500	13.258.800	14.572.800
Semarang Selatan	19.024.200	13.976.100	19.601.100
Pedurungan	7.098.300	8.736.300	9.928.800
Ngaliyan	14.402.700	5.413.500	11.726.100
Mijen	8.601.300	1.290.600	1.054.800
Gunungpati	5.408.100	1.251.900	1.158.300
Genuk	6.244.200	5.225.400	6.796.800
Gayamsari	21.101.400	15.816.600	12.566.700
Gajahmungkur	16.958.700	15.012.000	21.690.000
Candisari	17.951.400	14.232.600	11.241.900
Banyumanik	6.946.200	4.175.100	3.953.700

Dari 15 kecamatan tersebut pada tahun 2013 seperti oada trabel 2, setiap kecamatan memiliki kawasan terbangun dan lahan kosong dengan tingkat persebaran yang berbeda, dari kecamatan dengan tingkat kawasan terbangun tinggi hingga kecamatan

dengan tingkat kawasan terbangun rendah Hal ini juga terjadi pada lahan kosong di Kota Semarang. Kecamatan Semarang Barat merupakan kecamatan yang memiliki luas kawasan terbangun tertinggi yaitu 24.394.500 m². Sedangkan kecamatan dengan luas kawasan terbangun terendah adalah Kecamatan Tugu yang memiliki luas kawasan terbangun 3.628.800 m². Untuk tingkat lahan kosong, Kecamatan Ngaliyan memiliki tingkat luas lahan kosong tertinggi yaitu 718.200 m², sedangkan Kecamatan Gajahmungkur adalah kecamatan dengan luas lahan kosong tertinggi yaitu tidak memiliki lahan kosong seperti pada tabel 3.

Tabel 3 Luas kawasan lahan kosong multi-temporal tahun 2013, 2015, dan 2018

Kecamatan	Tahun 2013 (m ²)	Tahun 2015 (m ²)	Tahun 2017 (m ²)
Semarang Utara	56.700	53.100	63.900
Semarang Barat	114.300	69.300	86.400
Tugu	248.400	194.400	89.100
Tembalang	3.600	1.800	1.800
Semarang Timur	8.100	5.400	20.700
Semarang Tengah	16.200	9.000	24.300
Semarang Selatan	11.700	2.700	10.800
Pedurungan	62.100	72.900	33.300
Ngaliyan	687.600	603.900	675.000
Mijen	82.800	66.600	64.800
Gunungpati	4.500	8.100	0
Genuk	276.300	355.500	392.400
Gayamsari	16.200	5.400	43.200
Gajahmungkur	12.600	9.000	10.800
Candisari	4.500	900	5.400
Banyumanik	9.900	13.500	6.300

Kecamatan Gajahmungkur merupakan kecamatan yang memiliki luas kawasan terbangun tertinggi yaitu 21.690.000 m². Sedangkan kecamatan dengan luas kawasan terbangun terendah adalah Kecamatan Mijen yang memiliki luas kawasan terbangun 1.054.800 m². Untuk tingkat lahan kosong, Kecamatan Ngaliyan adalah kecamatan dengan luas lahan kosong tertinggi yaitu 675.000 m². Sedangkan Kecamatan Gunungpati memiliki tingkat luas lahan kosong terendah yaitu 0 m².

Kawasan terbangun di Kota Semarang tahun 2015 dari tabel 2 adalah 57.857.400 m². Sedangkan lahan kosong memiliki luas 1.468.800 m². Luas Kota Semarang adalah 390.664,68951 m² dan memiliki 15 kecamatan. Dari 15 kecamatan tersebut setiap kecamatan memiliki kawasan terbangun dan lahan kosong dengan tingkat persebaran yang berbeda, dari kecamatan dengan tingkat kawasan terbangun tinggi

hingga kecamatan dengan tingkat kawasan terbangun rendah Hal ini juga terjadi pada lahan kosong di Kota Semarang. Kecamatan Gayamsari merupakan kecamatan yang memiliki luas kawasan terbangun tertinggi yaitu 15.816.600 m². Sedangkan kecamatan dengan luas kawasan terbangun terendah adalah Kecamatan Gunungpati yang memiliki luas kawasan terbangun 1.251.900 m². Untuk tingkat lahan kosong, Kecamatan Ngaliyan adalah kecamatan dengan luas lahan kosong tertinggi yaitu 603.900m².. Sedangkan Kecamatan Candisari memiliki tingkat luas lahan kosong terendah yaitu 900 m².

Sedangkan kawasan terbangun di Kota Semarang tahun 2017 seperti pada tabel 2 adalah 67.191.300 m². Sedangkan lahan kosong memiliki luas 1.525.500 m². Dari 15 kecamatan tersebut setiap kecamatan memiliki kawasan terbangun dan lahan kosong dengan tingkat persebaran yang berbeda, dari kecamatan dengan tingkat kawasan terbangun tinggi hingga kecamatan dengan tingkat kawasan terbangun rendah Hal ini juga terjadi pada lahan kosong di Kota Semarang. Kecamatan Gajahmungkur merupakan kecamatan yang memiliki luas kawasan terbangun tertinggi yaitu 21.690.000 m². Sedangkan kecamatan dengan luas kawasan terbangun terendah adalah Kecamatan Mijen yang memiliki luas kawasan terbangun 1.054.800 m². Untuk tingkat lahan kosong, Kecamatan Ngaliyan adalah kecamatan dengan luas lahan kosong tertinggi yaitu 675.000 m².. Sedangkan Kecamatan Gunungpati memiliki tingkat luas lahan kosong terendah yaitu 0 m².

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian untuk menyelesaikan artikel mengenai pemanfaatan algoritma enhanced built up and bareness index (EBBI) untuk pemetaan kawasan terbangun dan lahan kosong di Kota Semarang secara Multi Temporal dari tahun 2013, 2015, dan 2017 diperoleh kesimpulan bahwa hasil pengolahan EBBI tahun 2017 untuk pemetaan kawasan terbangun sesuai dengan hasil validasi, hal ini dikarenakan tingkat kesesuaian antara ROI yang ditentukan dengan validasi adalah 96,15%. Terdapat 50 sampel yang sesuai dan 2 sampel tidak sesuai dari 52 sampel. Sedangkan tingkat kesesuaian lahan kosong antara ROI dan hasil validasi yang dilakukan adalah 46,43%. Terdapat 26 sampel yang sesuai dan 30 sampel yang tidak sesuai. Maka dapat disimpulkan hasil validasi terhadap hasil pengolahan data sesuai untuk kawasan terbangun dan kurang sesuai untuk lahan kosong. Hal ini terjadi karena banyaknya lahan kosong yang dialih fungsikan menjadi pabrik pabrik. Faktor lain adalah kesalahan pantulan spektral saat perekaman.

Selanjutnya dari hasil pengolahan EBBI tahun 2013, 2015, dan 2017, Kota Semarang mengalami perubahan luas kawasan terbangun dan lahan kosong.

Pada kawasan terbangun tahun 2013 luasnya adalah 65.625.300 m². Luas kawasan terbangun mengalami penurunan pada tahun 2015 yaitu sebesar 7.767.900 m² menjadi 57.857.400 m². Dari tahun 2015 ke tahun 2017, luas kawasan terbangun mengalami peningkatan sebesar 9.333.900 m² menjadi 67.191.300 m². Untuk lahan kosong, luasnya mengalami penurunan dari tahun 2013 ke 2015 sebesar 196.000 dari 1.664.800 m² menjadi 1.468.800 m². Sedangkan dari tahun 2015 ke tahun 2017 luas lahan kosong mengalami peningkatan sebesar 56.700 dari 1.468.800 m² menjadi 1.525.500 m²

Algoritma enhanced built up and bareness index (EBBI) dapat diterapkan untuk pemetaan kawasan terbangun dan lahan kosong di Kota Semarang. Hal ini terbukti dengan presentase kesesuaian antara hasil validasi lapangan dengan hasil pengolahan citra. Selain itu perubahan luas dari lahan terbangun dan lahan kosong pada tahun 2013, 2015, dan 2017 cukup sesuai dengan adanya kenaikan dan penurunan yang berbeda dari setiap tahun sesuai pada kesimpulan poin 2. Algoritma EBBI dapat dilakukan dengan pengolahan beberapa tahap yaitu, tahap persiapan, pra-pengolahan dan tahap pengolahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini sesungguhnya bukanlah sebuah kerja individual dan akan sulit terlaksana tanpa bantuan banyak pihak yang tak mungkin penulis sebutkan satu persatu, namun dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada civitas akademika Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

DAFTAR PUSTAKA

- As-syakur, A. R., Adnyana, I. W. S., Arthana, I. W., & Nuarsa, I. W. (2012). Enhanced built-UP and bareness index (EBBI) for mapping built-UP and bare land in an urban area. *Remote Sensing*, 4(10), 2957–2970. <https://doi.org/10.3390/rs4102957>
- BPS. (2017). Kota Semarang Dalam Angka 2017. BPS Kota Semarang.
- Goodall, B. (1987). *The Penguin Dictionary of Human Geography*. London: Penguin.
- Handayani, M. N., & Sasmito, B. (2017). ANALISIS HUBUNGAN ANTARA PERUBAHAN SUHU DENGAN INDEKS KAWASAN TERBANGUN MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT (STUDI KASUS: KOTA SURAKARTA). *Jurnal Geodesi Undip*, 6, 208–218.
- Jensen, J. R. (2000). Remote sensing of the environment: an earth resource perspective.

- Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Kuper, A. and Kuper, J., E. (1996). *The Social Science Encyclopedia*. 2nd edition. London: Routledge.
- Nahib, I. (2016). Prediksi Spasial Dinamika Areal Terbangun Kota Semarang Dengan Menggunakan Model Regresi Logistik (Spatial Dynamics Prediction Of Built-Up Area At Semarang City Using Logistic Regression Model). *Majalah Ilmiah Glob{ë}*, 95–104.
- Pons, X., Pesquer, L., Cristóbal, J., & González-Guerrero, O. (2014). Automatic and improved radiometric correction of Landsat imagery using reference values from MODIS surface reflectance images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 33, 243–254. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.06.002>
- Purwanto, Utomo, D. H., & Kurniawan, B. R. (2016). Spatio Temporal Analysis Trend of Land Use and Land Cover Change Against Temperature Based on Remote Sensing Data in Malang City. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 227, 232–238. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.066>
- Sekertekin, A., Abdikan, S., & Marangoz, A. M. (2018). The acquisition of impervious surface area from LANDSAT 8 satellite sensor data using urban indices: a comparative analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(7). <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6767-3>
- Sinha, P., & Verma, N. K. (2016). Urban Built-up Area Extraction and Change Detection of Adama Municipal Area using Time-Series Landsat Images, 5(8), 1886–1895.
- USGS. (2015). *Landsat 8 (L8) data users handbook*. USGS (Vol. 8).