

APLIKASI PENGINDERAAN JAUH UNTUK MENGENAL TUTUPAN VEGETASI KAWASAN URBAN KOTA SURAKARTA 2017 MENGGUNAKAN CITRA SATELIT SENTINEL 2A

A remote sensing study of vegetation cover on the Surakarta urban area 2017 using Sentinel 2A image

Cynthia Permata Sari^a, Wiryanto^b, Prabang Setyono^b

^aMagister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Sebelas Maret, Jalan Ir. Sutami 36A, Kentingan, Surakarta 57126—cynthiahimawan@gmail.com

^bProgram Studi Doktor Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Sebelas Maret, Jalan Ir. Sutami 36 A, Kentingan, Surakarta 57126

Abstract. High-resolution imagery Sentinel 2A is one of the media for assessing vegetation density in urban areas. Laweyan District is a Surakarta urban area with a variety and intensity of high anthropogenic activities. The purpose of this study was to determine the vegetation cover of Laweyan Subdistrict as the basic data for determining green open space policy to balance anthropogenic activity in urban areas. The study was conducted by remote sensing method to determine the NDVI value by using ENVI 5.3 and ArcMap 10.4 software. Recording data of Sentinel 2A images on August 7, 2017. The samples used were 30 points and field surveys were conducted on December 24, 2017. The results of this study showed NDVI ranges from -0.15 to 0.7 in Laweyan District. The largest NDVI distribution is in the value range of 0.11 - 0.2 which refers to the low vegetation category with a composition reaching 31.3%. The level of accuracy of the interpretation of NDVI in this study reached 83.2%. The results of the study indicate the low availability of green open space in Laweyan Sub-district which indicates a lack of carrying capacity of the biotic environment to overcome the effects of urban anthropogenic activities.

Keywords: tutupan vegetasi, NDVI, citra Sentinel 2A, mitigasi kawasan urban, Laweyan

(Diterima: 31-01-2018; Disetujui: 09-03-2018)

1. Pendahuluan

Surakarta memiliki karakter sebagai wilayah pelayanan dan perekonomian bagi kawasan hinterlandnya yang dikenal sebagai Greater Surakarta. Kecamatan Laweyan menjadi pusat kegiatan urban Kota Surakarta ditandai dengan ragam dan intensitas kegiatan antropogenik yang tinggi. Sebagai pusat dari kegiatan urban, wilayah ini akan mendapatkan tekanan lingkungan besar sebagai konsekuensi entropi penggunaan energi atau material (Dinas Lingkungan Hidup Surakarta, 2017).

Vegetasi memiliki peranan penting dalam membentuk keseimbangan lingkungan, termasuk menanggulangi dampak aktivitas antropogenik guna mewujudkan bentuk lingkungan berkelanjutan. Vegetasi erat kaitannya dengan daya dukung lingkungan dalam konsep menyediakan daya dukung maupun daya tampung (Rahadi *et al.*, 2015). Penelitian oleh Lubis dkk (2013) menegaskan peran penting vegetasi dalam mengendalikan pencemaran udara, menyerap karbon dan sebagai pereduksi karbon paling efektif kawasan urban. Fungsi tersebut terutama akan optimal dilakukan oleh kategori pohon berbiomassa besar seperti Mahoni, Jati dan Angsana.

Pada umumnya, kawasan urban akan memiliki kepadatan dan pertumbuhan penduduk yang tinggi (Lukita *et al.*, 2015), disertai dengan bertambahnya

kebutuhan dan penyediaannya melalui beragam aktivitas ekonomi. Salah satu kebutuhan vital aktivitas ekonomi adalah sarana dan prasarana yang pada akhirnya terpenuhi melalui alih fungsi lahan terbuka. Studi terhadap tutupan lahan memiliki peranan penting dalam membantu penyusunan kebijakan pengembangan perkotaan. Faktor penentu tutupan lahan dan alih fungsinya pada kawasan perkotaan adalah populasi kawasan (Nguyen *et al.*, 2016).

Ketersediaan vegetasi menjadi bagian penting upaya mitigasi dampak aktivitas antropogenik khususnya melalui revegetasi atau penambahan vegetasi. Upaya tersebut dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung tutupan vegetasi wilayah terdampak aktivitas. Salah satu metode yang mudah, cepat dan memiliki keakuratan tinggi adalah melalui penginderaan jauh (Rahayu *et al.*, 2008 dalam Tunggadewi *et al.*, 2014)

Teknologi penginderaan jauh memberikan akses penyediaan data vertikal secara cepat dan relatif akurat (Arnanto, 2013) berbasis citra satelit untuk pemanfaatan analisis klasifikasi tutupan lahan, tipe tanah, klasifikasi tipe hutan, pemetaan tutupan salju, klasifikasi jenis es lautan hingga oseanografi (Gandhi *et al.*, 2015). Beberapa satelit menyediakan sensor dengan kepekaan dan kemampuan untuk menonjolkan spektral vegetasi sebagai indeks vegetasi dan mengeliminasi nilai spektral non-vegetasi (Danoedoro,

1983 dalam Arnanto, 2013). Hal tersebut menjadikan penginderaan jauh sebagai salah satu metode ideal untuk menentukan kondisi dan keberadaan vegetasi pada suatu wilayah (Yunhao *et al.*, 2006). Keakuratan indeks vegetasi berbasis spektral (NDVI) terhadap terhadap kerapatan kanopi mencapai >70% (Arnanto, 2013).

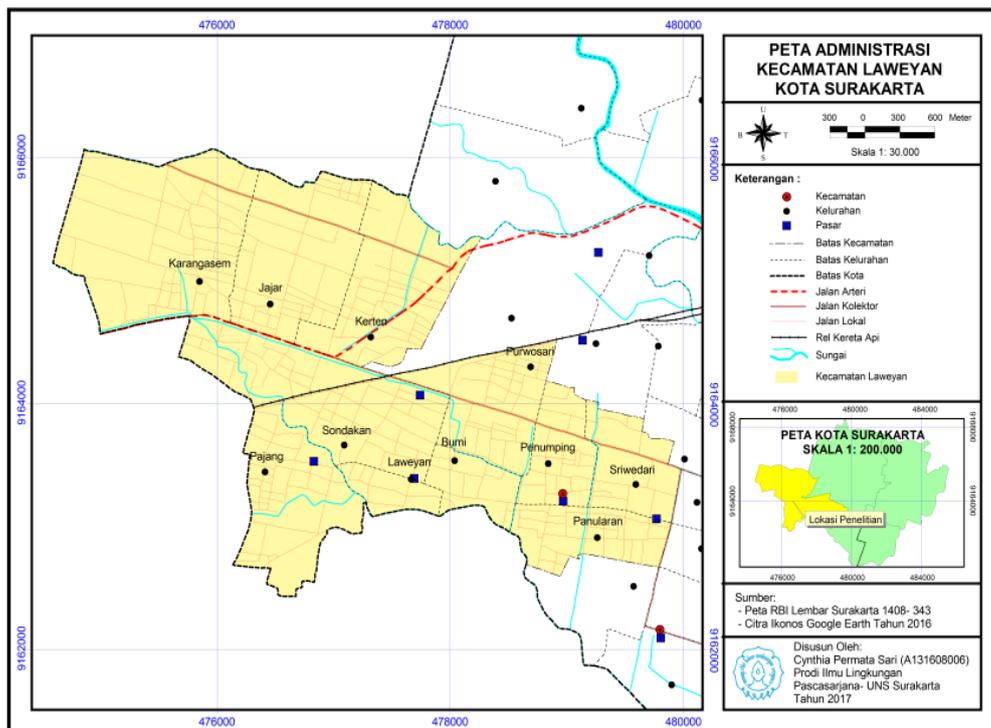
Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai tutupan vegetasi Kecamatan Laweyan Surakarta sebagai kawasan urban berbasis penginderaan jauh dengan analisis NDVI (*normalized difference vegetation index*). Hasil analisis berperan membantu menganalisis kondisi vegetasi setempat sebagai upaya mitigasi dampak lingkungan perkotaan secara alami dengan optimasi komponen abiotik (vegetasi).

Keluaran utama penelitian akan mendeskripsikan kondisi vegetasi Laweyan dan kesesuaiannya dengan beberapa kriteria aktivitas antropogenik.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah administratif Kecamatan Laweyan, Kota Surakarta. Data perekaman citra satelit yang digunakan adalah citra terkini tahun 2017 dengan kriteria pemilihan disesuaikan kebutuhan penelitian. Penelitian dilakukan pada bulan Desember 2017.



Gambar 1. Peta administratif Kecamatan Laweyan, Surakarta

Berdasarkan peta di atas Kecamatan Laweyan terdiri dari 11 kelurahan. Laweyan memiliki luasan 863,83 ha terletak pada koordinat 110⁰BT - 111⁰BT dan 7,6⁰LS - 8⁰LS. Jumlah penduduk Laweyan mencapai 88.614 jiwa dengan kepatan penduduk 10.257,91/km².

2.2. Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan peralatan : laptop dilengkapi dengan Mirosoff Excel, ArcMap 10.4 dan ENVI 5.3. Bahan dalam penelitian ini adalah peta rupabumi Kota Surakarta, data citra Sentinel 2A dan dokumen sekunder pemerintah yaitu dokumen Indeks Kinerja Pengelolaan Hidup Kota Surakarta tahun 2017 dan RPJMD Kota Surakarta 2015-2020.

2.3. Koleksi Data

Citra satelit Kecamatan Laweyan yang diaplikasikan sebagai data dasar penelitian ini adalah citra satelit beresolusi tinggi Sentinel 2A pada waktu perekaman 7 Agustus 2017. Pemilihan perekaman citra berdasarkan tutupan awan (<5%) dan waktu perekaman pagi hari jam 09:35:31. Data sekunder dalam pembahasan hasil terkait dengan daya dukung vegetasi terhadap dampak aktivitas urban menggunakan dokumen Badan Pusat Statistik Kota Surakarta tahun 2017.

2.4. Analisis Data

$$NDVI = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \dots\dots\dots(1)$$

ρ_1 : Band merah
 ρ_2 : Band infra merah dekat

(Ananto, 2013)

Analisis NDVI untuk memunculkan indeks vegetasi dilakukan melalui digitasi citra dengan asistensi dari

software ENVI 5.3 dan ArcMap 10.1. Hasil dikelompokkan menjadi kategori sebagai berikut

TV : persentase hutan(km²)/luas wilayah (km²)
 LTH : luas tutupan vegetasi (km²)
 LW : luas wilayah diamati (km²)

Tabel 1. Detail informasi citra resolusi tinggi yang digunakan dalam penelitian ini

Citra	Waktu perekaman	Resolusi spektral	Resolusi spasial
Sentinel 2A	7 Agustus 2017, pagi hari jam 09:35:31, tutupan awan <5%	Band 4-Red 0,665 μm Band 8- NIR 0,842 μm	10 m

Tabel 2. Pengelompokan nilai NDVI

No	Nilai NDVI	Deskripsi Vegetasi
1	n < 0.10	Sangat rendah hingga tidak ada
2	0.10 ≤ n ≤ 0.20	Rendah
3	0.21 ≤ n ≤ 0.31	Sedang
4	0.32 ≤ n ≤ 0.70	Tinggi
5	n > 0.70	Sangat tinggi hingga seluruhnya

Hasil analisis NDVI dikelompokkan dan diperhitungan luasan serta komposisinya berdasarkan pengkategorian di atas (Tabel 2). Tujuan pengelompokan adalah menemukan tipe kerapatan vegetasi dominan di Kecamatan Laweyan berdasarkan NDVI. Analisis terhadap peranan vegetasi sebagai bagian upaya mitigasi dampak kegiatan urban dilakukan secara deskriptif dengan memanfaatkan sistem scoring antara vegetasi pada setiap kelurahan dengan variabel-variabel aktivitas urban mencakup : jumlah penduduk, luas wilayah, kepadatan penduduk, intensitas industri, intensitas komersial dan jasa yang ditampilkan dalam format persentase peruntukan lahan.

Perhitungan nilai indeks tutupan vegetasi

$$TV = \frac{LTH}{LW} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

$$ITV = 100 - ((84.3 - (TV \times 100)) \times (50/54.3)) \dots\dots\dots (3)$$

Dengan

ITV : indeks tutupan vegetasi

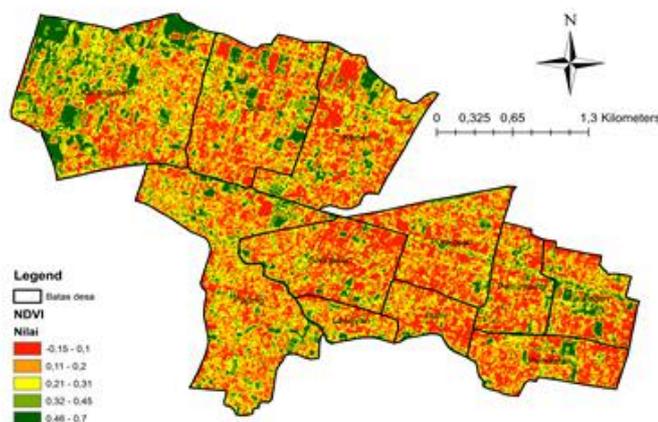
Tabel 3. Skoring resiko lingkungan Laweyan

Pemuki-man (%)	Jasa (%)	Industri (%)	Perusahaan (%)	Vege-tasi (%)	Skor
0-24	< 5	< 5	< 5	> 30	1
25-49	5-10	5-10	5-10	20-29	2
50-74	11-19	11-19	11-19	11-19	3
75-100	> 20	> 20	> 20	< 10	4

Indeks kualitas lingkungan hidup (IKLH) merupakan asesmen untuk menilai kualitas lingkungan pada suatu wilayah dengan salah komponennya adalah tutupan vegetasi. Secara keseluruhan, tutupan vegetasi (ITV) memegang proporsi terbesar (40%) dibanding komponen lain (air dan udara). Hal ini menunjukkan peranan vital vegetasi dalam harmoni lingkungan. Pendekatan ITV digunakan dalam penelitian ini untuk menilai kondisi kualitas lingkungan pada aspek vegetasi kaitannya dengan daya dukung dan tampung terhadap kegiatan sekitarnya. Klasifikasi hasil perhitungan ITV adalah unggul (skor (y) > 90), sangat baik (90 > y > 82), baik (82 > y > 74), cukup (74 > y > 66), kurang (66 > y > 58), sangat kurang (58 > y > 50) dan waspada (y < 50) (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2014 dalam Dinas Lingkungan Hidup Surakarta, 2017).

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil interpretasi penginderaan jauh dengan NDVI pada citra resolusi tinggi Sentinel 2A Kecamatan Laweyan, Kota Surakarta ditampilkan pada Gambar 2. Analisis NDVI akan memunculkan secara spesifik spektral vegetasi dan membedakan atau mengelompokkannya sesuai dengan ketajaman spektral yang ditangkap oleh satelit.



Gambar 2. Citra Sentinel 2A Kecamatan Laweyan

Hasil analisis NDVI memunculkan rentang nilai untuk Kecamatan Laweyan antara -0.15 hingga 0.7. Kondisi vegetasi dengan kerapatan tertinggi di Laweyan adalah 07 atau tidak mencapai 1. Artinya tidak ada plot dalam ukuran 10x10 m (sesuai dengan resolusi Sentinel) yang memiliki tutupan kanopi vegetasi penuh. Hal ini sesuai dengan kondisi lokasi penelitian yang merupakan kawasan urban dengan potensi dan resiko alih fungsi lahan tinggi.

Pengelompokkan terhadap nilai NDVI menunjukkan bahwa kategori vegetasi dominan di Kecamatan Laweyan adalah dengan kerapatan rendah mencapai luasan 271.71 ha atau setara dengan 31.3 % luas administratif kecamatan. Ketersediaan vegetasi dengan kategori kerapatan tinggi hanya mencakup 7.6 % kawasan Laweyan. Secara detail, nilai indeks dengan jumlah kemunculan piksel terbesar adalah 0.0997 (2926 pixel). Berdasarkan hasil analisis tidak terdeteksi adanya kawasan dengan tutupan vegetasi mutlak (tertutup seluruhnya) di Kecamatan Laweyan.

Tabel 4. Pengelompokkan indeks vegetasi (NDVI) Kecamatan Laweyan

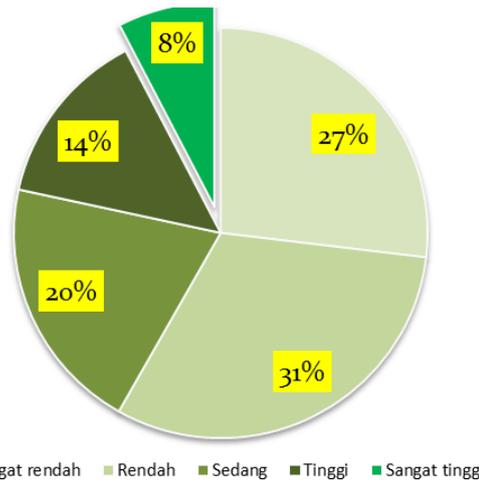
No	Kategori Vegetasi	Jumlah piksel	Luasan area (m ²)	Persen (%)
1	Sangat rendah hingga tidak ada	23296	2329600	26.9
2	Rendah	27171	2717100	31.3
3	Sedang	17546	1754600	20.2
4	Tinggi	12102	1210200	14
5	Sangat tinggi hingga seluruhnya	6628	662800	7.6
Total		86734	8673400	100

Sumber : data primer diolah (2017)

Berdasarkan hasil perhitungan NDVI di atas distribusi spasial kerapatan vegetasi terbesar berada di kelurahan Karangasem, Jajar dan Kerten. Wilayah kelurahan Laweyan, Bumi, Sondakan, Penumping didominasi oleh bangunan yang padat sehingga kerapatan vegetasinya sangat rendah. Daerah tersebut merupakan pusat aktivitas perekonomian dan industri.

3.1. Rona Lingkungan

Surakarta merupakan salah satu kota yang berkembang menuju kota metropolitan. Salah satu karakter khas kota ini adalah sebagai kawasan pelayanan jasa dan perekonomian wilayah hinterlandnya dalam region yang disebut Greater Solo (Subosukowonosraten). Surakarta sekaligus berkembang sebagai kota MICE (*meeting, incentives, convention and exhibition*) didukung oleh letak strategis pada jalur transit, ketersediaan sarana-prasarana, kemudahan transportasi dan daya tarik wisata.



Gambar 3. Komposisi tutupan vegetasi Kecamatan Laweyan berdasarkan hasil analisis citra satelit

Isu strategis lingkungan hidup Kota Surakarta pada 2017 mencakup ketersediaan dan optimasi ruang terbuka hijau (RTH), pencemaran, banjir dan budaya lingkungan masyarakat (Badan Lingkungan Hidup Surakarta, 2017). Hal tersebut mengindikasikan permasalahan utama lingkungan Surakarta, termasuk berkaitan erat dengan ketersediaan tutupan vegetasi kawasan urban. Surakarta hanya memiliki luasan 44.04 km² memiliki kebutuhan lahan yang terus meningkat dalam 5 tahun terakhir terutama memenuhi sektor jasa (1.77%), perdagangan (0.46%) dan pemukiman (0.30%). Faktor utama kebutuhan lahan adalah sempitnya wilayah pengembangan kota yang tidak mengimbangi pertumbuhan penduduk sebesar 0.460%/tahun (Badan Pusat Statistik, 2017). Surakarta merupakan salah satu kawasan dengan demografis terpadat di Jawa Tengah meskipun tidak memiliki rasio pertumbuhan tertinggi (Bappeda Surakarta, 2015).

Laweyan merupakan bagian dari pusat ekonomi Surakarta (*central business district*). Selain sebagai pusat ekonomi dan pemukiman padat, Laweyan memiliki kekhasan pada keberadaan sentra industri batik tradisional. Fakta aktivitas tersebut memberikan konsekuensi negatif pada potensi pencemaran tinggi, termasuk emisi.

Berdasarkan olehan data pada tabel 3, mayoritas penggunaan lahan di Laweyan adalah pemukiman, merata pada setiap kelurahan. Penggunaan lahan akan berkaitan dengan interaksi wilayah dengan CBD Surakarta. Semakin besar pengaruh aktivitas CBD, maka penggunaan lahan akan semakin beragam untuk keperluan antropogenik seperti jasa, industri dan perusahaan. Akibatnya, jumlah lahan terbuka akan semakin sempit. Berdasarkan tabel 3, ruang terbuka luas tersedia di Kelurahan Karangasem. Hal ini sesuai dengan hasil interpretasi NDVI dimana nilai tertinggi dan distribusi spasial kerapatan vegetasi terbesar berada di Kecamatan Karangasem.

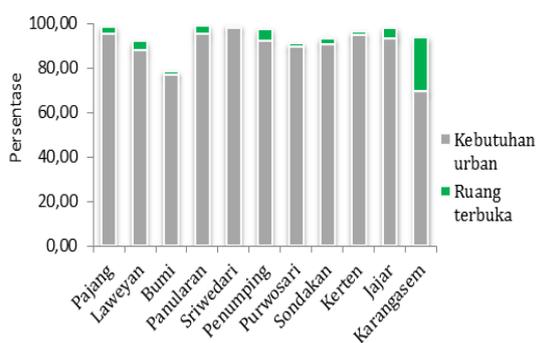
Tabel 5. Profil demografis dan pemanfaatan lahan Kecamatan Laweyan

Kelurahan	Luas (km ²)	Populasi (jiwa)	Kepadatan (jiwa/km ²)	Pemanfaatan lahan (%)				
				Pemukiman	Jasa	Industri	Perusahaan	Ruang terbuka
Pajang	1.553	24746	15934	84.16	7.47	0.84	2.83	3.35
Laweyan	0.248	2130	8589	66.53	2.42	2.02	16.94	4.03
Bumi	0.373	6354	17035	59.79	7.51	1.34	8.31	1.34
Panularan	0.544	9429	17333	77.21	12.87	1.47	3.68	3.68
Sriwedari	0.513	4124	8039	69.20	14.23	2.73	11.70	1.17
Penumping	0.503	4095	8141	59.64	17.89	2.78	11.93	5.17
Purwosari	0.843	10377	12310	72.72	5.10	0.95	10.56	1.66
Sondakan	0.785	12250	15605	74.39	4.33	2.55	9.43	2.68
Kerten	0.921	9448	10258	37.35	34.96	14.98	7.27	1.52
Jajar	1.055	9362	8874	61.90	10.43	7.49	13.55	4.64
Karangasem	1.3	10018	7706	50.46	9.08	6.85	3.00	24.35

Sumber : data sekunder BPS Surakarta (2017) diolah

3.2. Identifikasi Vegetasi Daerah Kajian

Nilai ruang terbuka dengan persentase terbesar di Kecamatan Laweyan adalah pada Kelurahan Karangasem (24.35%) dikontribusikan oleh keberadaan sawah dan Edupark. Gambar 3 menunjukkan ketimpangan pemanfaatan tersebut dengan wilayah selain Kaengasem hanya memiliki <5% ruang terbuka. Definisi ruang terbuka tersebut tidak seluruhnya merupakan RTH atau vegetasi dengan fungsi optimal bagi lingkungan.



Gambar 3. Komposisi pemanfaatan lahan di Kecamatan Laweyan 2017

Analisis data sekunder pemerintah menunjukkan keselarasan dengan metode indeks vegetasi memanfaatkan citra resolusi tinggi Sentinel 2A. Citra dari Sentinel 2A masih jarang digunakan karena kebaruannya. Citra ini dipandang layak dan tepat untuk analisis vegetasi karena resolusi tinggi hingga 10 m untuk saluran visible dan inframerah. Penelitian Wachid *et al.* (2017) mendapatkan nilai r 0.7739 untuk korelasi NDVI- kerapatan kanopi mangrove sementara Qiu *et al.* (2017) menemukan peningkatan akurasi analisis vegetasi hingga 1,40% dengan citra Sentinel dibandingkan penggunaan citra Landsat. Indeks tutupan daun (*leaf area index*) dan kandungan klorofil kanopi yang dianalisis secara penginderaan jauh dengan citra Sentinel-2 akan memiliki korelasi kuat dengan kondisi lapangan dan nilai korelasi lebih kuat akan didapat pada analisis kandungan klorofil daun menggunakan citra tersebut (Frampton *et al.*, 2013)

Tabel 2 menunjukkan dominasi vegetasi dengan densitas kanopi rendah di Kecamatan Laweyan (31.3%). Hal ini selaras dengan hasil analisis data sekunder yang menunjukkan 10 kelurahan memiliki ruang terbuka <5%. Sesuai dengan digitasi citra Sentinel 2A, hanya Kelurahan Karangasem yang menunjukkan densitas kanopi cukup besar berdasarkan nilai NDVI. Hasil yang selaras dengan data sekunder pemerintah yang memunculkan Karangasem sebagai kelurahan dengan ruang terbuka terluas (24.35%).

Berdasarkan NDVI tidak terdapat plot (10x10 m) dengan tutupan kanopi vegetasi menyeluruh (nilai maksimum NDVI adalah 0.72). Kondisi ini tepat menggambarkan kawasan urban perkotaan modern dengan alih fungsi lahan tinggi sehingga hanya menyisakan ruang terpisah-pisah sebagai RTH publik maupun privat, itupun dengan kombinasi jenis tanaman beragam dan tidak seluruhnya merupakan pohon dengan kanopi besar. Selain itu, terindikasi adanya gangguan aktivitas urban baik berupa pencemaran maupun budaya lingkungan yang mempengaruhi kondisi vegetasi.

Hasil digitasi citra multispektral Sentinel 2A pada Gambar 2 menunjukkan peran penting ekosistem riparian (tepi sungai) dalam menyediakan vegetasi di Kecamatan Laweyan khusus pada wilayah yang dilintasi aliran sungai utama seperti Premulung dan Kudusan. Ekosistem tersebut setidaknya memberikan tambahan ruang tumbuh bagi beberapa vegetasi. Hal ini menunjukkan pentingnya upaya normalisasi kawasan bantaran sebagai bagian dari ruang terbuka hijau Surakarta.

3.3. Vegetasi Sebagai Mitigasi Kegiatan Urban Surakarta

Kawasan urban memiliki resiko tinggi terhadap penurunan tutupan vegetasi akibat aktivitasnya hingga jarak 5-10 km disekitarnya. Pada sebuah analisis NDVI, kawasan urban akan memiliki rata-rata nilai 20%-45% lebih rendah dibandingkan pedesaan yang berjarak 20-40 km. Resiko akan semakin meningkat ketika kebutuhan ruang pengembangan kawasan urban juga tinggi. (Esau *et al.*, 2016). Surakarta sebagai kota yang berkembang menjadi metropolitan memiliki

resiko penurunan tutupan vegetasi lebih tinggi dibandingkan dengan kota-kota besar tua yang mulai mengembalikan tutupan vegetasinya.

Pendekatan ITV yang diaplikasikan pada kondisi vegetasi Laweyan berdasarkan hasil NDVI memunculkan skor akhir 27,43 yang artinya dalam kondisi waspada. Dari hasil NDVI hanya digunakan kategori nilai tinggi saja sebagai input luasan tutupan vegetasi yang dipandang mampu berperan optimal bagi lingkungan. Hal ini dikarenakan peran penting tutupan kanopi vegetasi sebagai indikasi kerusakan sebuah lahan vegetasi. Semakin tinggi nilai tutupan kanopi maka semakin rendah potensi kerusakan vegetasi (Htun *et al.*, 2011 dalam Nurfatma, 2017)) serta berkaitan dengan diversitas tegakan (Bishoff *et al.*, 2011 dalam Nurfatma, 2017). Kedua kondisi tersebut mempengaruhi fungsi vegetasi terhadap lingkungan.

Jumlah kelompok tersebut (kerapatan sangat tinggi) hanya 7.6% wilayah atau setara 0.66 km². Nilai tersebut dibawah nilai ITV Kota Surakarta sebesar 31,33%. Hal ini menegaskan karakter sebuah kawasan urban yang berkembang di Kecamatan Laweyan, sekaligus menggambarkan kebutuhan penghijauan dan penyediaan RTH dan vegetasi wilayah ini untuk mengimbangi dampak lingkungan.

Tabel 6. Skoring resiko lingkungan Kecamatan Laweyan dengan penambahan variabel vegetasi olahan NDVI

Kelurahan	Variabel analisis					Skor total	Resiko lingk
	a	b	c	d	e		
Pajang	4	2	1	1	4	12	6
Laweyan	3	1	1	3	4	12	6
Bumi	3	2	1	2	4	12	6
Panularan	4	3	1	1	4	13	6,5
Sriwedari	3	3	1	3	4	14	7
Penumping	3	3	1	3	4	14	7
Purwosari	3	2	1	3	4	13	6,5
Sondakan	3	1	1	2	4	11	5,5
Kerten	2	4	3	2	4	15	7,5
Jajar	3	3	2	3	4	15	7,5
Karangasem	3	2	2	1	2	10	5

*Keterangan: a adalah skor pemanfaatan pemukiman, b pemanfaatan jasa, c pemanfaatan industri, d pemanfaatan perusahaan dan e adalah ketersediaan vegetasi; variabel a,b,c dan d dari pengolahan data BPS Surakarta (2017); variabel e dari analisis NDVI citra Sentinel 2A

Skoring resiko lingkungan diperhitungkan melalui pendekatan variabel-variabel tersedia dari data sekunder maupun primer (NDVI). Variabel sebagai indikator aktivitas urban meliputi persentase lahan pemukiman, jasa, industri dan perusahaan. Indikator ini mengaplikasi nilai selaras antara pemanfaatan lahan dan skor. Variabel vegetasi dianggap akan mengurangi resiko lingkungan seturut kemampuan dalam mereduksi dan mengendalikan emisi, serapan air, resiko banjir, habitat biodiversitas hingga estetika kawasan. Indikator ini mengaplikasi nilai berkebalikan antara luas tutupan vegetasi dan skor.

Pendekatan skoring untuk menilai resiko lingkungan mendapatkan kelurahan Kerten, Jajar (7.5) serta Sriwedari dan Penumping sebagai pemilik resiko lingkungan tertinggi. Resiko lingkungan terendah terdapat di Kelurahan Karangasem. Secara umum

seluruh kelurahan memiliki permasalahan dengan keterbatasan vegetasi, kecuali Karangasem. Setiap kelurahan memiliki karakter khas pada aktivitas urban yang memberikan tekanan tertinggi pada lingkungan dengan pemukiman, jasa dan perdagangan (perusahaan) secara konsisten muncul sebagai faktor utama. Kelurahan Kerten dapat disebut sebagai salah satu pusat ekonomi dengan dominannya peruntukan jasa, industri dan perdagangan namun tidak diimbangi ketersediaan vegetasi, kemungkinan akibat tingginya alih fungsi lahan.

Penyediaan RTH memadai akan berpengaruh pada kualitas dan keberlanjutan lingkungan perkotaan. Penelitian Fatima dkk (2013) menjelaskan setidaknya terdapat tiga nilai penting RTH atau tutupan vegetasi memadai. Manfaat tersebut mencakup potensi reduksi limpasan permukaan, penjerapan polutan dan penyimpanan karbon. Peningkatan luasan kanopi akan menambah nilai ekologis vegetasi secara signifikan.

4. Kesimpulan

Hasil analisis NDVI Kecamatan Laweyan menunjukkan rentang -0.15 sampai dengan 0.7. Komposisi tutupan vegetasi dominan adalah dengan kerapatan rendah (31.3%) dan sedang (20.2%), keduanya setara dengan 4.47 km² dari keseluruhan wilayah administratif. Mitigasi resiko lingkungan Kecamatan Laweyan berdasarkan aspek vegetasi adalah penambahan kuantitas dan kualitas pada kelurahan dengan kerapatan rendah yaitu Laweyan, Bumi, Sondakan dan Purwosari.

Daftar Pustaka

Ananto, H. T., 2013. Analisis indeks vegetasi menggunakan citra ALOS AVNIR-2 untuk mengestimasi serapan karbon. *Statistika* 13 (2), pp. 109-117.

Arnanto, A., 2013. Pemanfaatan transformasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) citra Landsat TM untuk zonasi vegetasi di lereng Merapi bagian selatan. *Geomedia* 11 (2), pp. 155-170

Badan Pusat Statistik Kota Surakarta, 2017. Kecamatan Laweyan dalam angka 2017.

Badan Perencanaan Pembangunan Daerah, 2015. Rencana Pengelolaan Jangka Menengah Daerah 2015-2020.

Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta, 2017. Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Kota Surakarta.

Esau, I., V. V. Miles, R. Davy, M. W. Miles, and A. Kurchatova, 2016. Trends in normalized difference vegetation index (NDVI) associated with urban development in northern West Siberia. *Atmos. Chem. Phys* 16 (2016), pp. 9563-9577

Fatima, I. S., S. Sinukaban, A. Munandar, dan Kholil, 2013. Valuasi manfaat ekologis ruang terbuka hijau (RTH) di Kota Bogor dengan aplikasi CityGreen 5.4. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan* 3(1), pp. 31-39.

Frampton, W. J., J. Dash, G. Watmough, and E. J. Milton, 2013. Evaluating the capabilities of Sentinel-2 for quantitative estimation of biophysical variables in vegetation. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 82 (2013): pp. 83-92

Gandhi, M. G., S. Parthiban, N. Thummalu, and A. Christy, 2015. NDVI : Vegetation change detection using remote sensing and

- GIS – A case study on Vellore District. *Procedia Computer Science* 57 (2015), pp. 1199-1210.
- Lubis, S. H., H. S.Arifin, dan I. Samsuedin, 2013. Analisis cadangan karbon pohon pada lanskap hutan kota di DKI Jakarta. *Jurnal Ekonomi Sosial dan Ekonomi Kehutanan* 10 (1), pp. 1-20.
- Lukita, C. W., J. Hermana, dan R. Boedisantoso, 2015. Inventarisasi serapan karbon oleh ruang terbuka hijau di Kota Malang, Jawa Timur. *Prosiding. Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII* pp. A-44-1 – A-44-7. Program Studi MMT Institut Teknologi Surabaya.
- Nguyen, D.T., I. Ishkandar, and S. Ho, 2016. Land cover change and the CO₂ stock in the Palembang City, Indonesia : A study using remote sensing, GIS Technique and LUMENs. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 19 (2016), pp. 313-321.
- Nurfatma, N., Pamonegkas, P., dan I. Heriansyah, 2017. Analisis tipologi tutupan vegetasi sebagai dasar penyusunan strategi restorasi di area IUPPHK-RE PT Reki. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan* 7 (1), 41-50.
- Qiu, S., B. He, C. Yin, and Z. Liao, 2017. Assessments of Sentinel 2 vegetation red-edge spectral bands for improving land cover classification. *Proceeding. The International Archive of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Vol XLII-2/W7*, 2017. ISPRS Geospatial Week 2017. Wuhan, China.
- Rahadi, B., N. Lusiana, dan E.E. Nurlaelih, 2015. Penentuan status daya dukung lingkungan berbasis kesesuaian lahan dan keseimbangan lahan di Kota Batu, Jawa Timur, Indonesia. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology* 2 (1), pp. 128-135.
- Tunggadewi, A. T., L. Syaufina, dan N. Puspaningsih, 2014. Pemanfaatan penginderaan jauh untuk estimasi stok karbon di area reklamasi PT Antam UBPE Pongkor, Kabupaten Bogor. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan* 4(1), pp. 49-59.
- Wachid, M. N., R. P. Hapsara, R.D. Cahyo, G.N. Wahyu, A. M. Syarif, D. A. Umarhadi, A. N. Fitriani, D. P. Ramadhanningrum, and W. Widyatmanti, 2017. Mangrove canopy density analysis using Sentinel-2A imagery satellite data. *Earth and Environmental Science* 70 (2017), pp. 012-020.
- Yunhao, C., S. Peijun, L. Xiaobing, C. Jin, and L. Jing, 2006. A combined approach for estimation vegetation cover in urban/suburban environment from remotely sensed data. *Computers and Geosciences* 32. pp, 1299-1309.