

ANALISIS INDEKS KEKRITISAN LINGKUNGAN DI KOTA MAKASSAR MENGUNAKAN CITRA SATELIT LANDSAT 8 OLI/TIRS

Feri Fadlin¹, Nia Kurniadin¹, F.V. Astrolabe Sian Prasetya¹

¹Program Studi Teknologi Geomatika Politeknik Pertanian Negeri Samarinda
Jl. Samratulangi Samarinda 75131 Telepon. 0541 260421, 260680 Faximile. 0541 260680,
Email : ferifadlin@politanisamarinda.ac.id, niakurniadin@gmail.com, astrolabe.sp@gmail.com

(Diterima 03 November 2020, Disetujui 11 Juli 2020)

ABSTRAK

Indeks Kekritisian Lingkungan (ECI) didefinisikan sebagai kondisi kritis lingkungan akibat peningkatan suhu permukaan tanah (LST) dan berkurangnya indeks kerapatan vegetasi (NDVI). Secara sederhana dapat dijelaskan bahwa ECI berbanding lurus dengan peningkatan suhu dan berbanding terbalik dengan tutupan vegetasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji ECI di Kota Makassar dengan memanfaatkan citra satelit landsat 8 OLI/TIRS perekaman tahun 2013-2018. Metode penelitian untuk analisa ECI selain menggunakan algoritma LST dan NDVI juga dilakukan dengan menggunakan persamaan deduktif modifikasi dengan penambahan algoritma indeks kawasan terbangun (NDBI) dan indeks kebasahan (NDWI) untuk meningkatkan akurasi klasifikasi ECI di wilayah Kota Makassar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi tren peningkatan LST dan NDBI serta penurunan NDVI di wilayah Kota Makassar tahun 2013 – 2018. Algoritma indeks kebasahan NDWI juga dapat digunakan sebagai tambahan dalam formula deduktif ECI dan mampu meningkatkan akurasi klasifikasi dengan mengeliminasi tubuh air sebagai kategori lingkungan kritis. Hasil klasifikasi indeks kekritisian lingkungan ECI menunjukkan bahwa 46,69% wilayah Kota Makassar termasuk dalam kategori tidak kritis, 51,55% masuk kategori kritis dan 1,76% termasuk kategori sangat kritis. Wilayah dengan kategori sangat kritis tersebar di Jalan Tamalate, wilayah Jalan Maccini Raya, Jalan Teuku Umar 11, Jalan Tinumbu Jalan Abdul Rahman Hakim, Jalan Manuruki, dan sekitar jalan Tol Reformasi.

Kata kunci : Indeks Kekritisian Lingkungan (ECI), Suhu Permukaan Tanah (LST), Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI), Indeks Kawasan Terbangun (NDBI), Indeks Air/Kebasahan (NDWI)

ABSTRACT

The Environmental Criticality Index (ECI) is defined as a critical environmental condition due to increased land surface temperature (LST) and reduced Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). It can be simply explained that ECI is directly proportional to the increase in LST and inversely proportional to NDVI. This study aims to analyze the ECI Makassar by utilizing Landsat 8 OLI / TIRS satellite imagery 2013-2018. ECI analysis is using a modified deductive formula with Normalized Difference Built-up Index (NDBI) and Normalized Difference Water Index (NDWI) algorithm as additional parameter to improve the accuracy of ECI classification in Makassar. The results showed that there was a trend of increasing LST and NDBI as well as decreasing NDVI in Makassar City during 2013 - 2018. The NDWI wetness index algorithm can also be used in addition to the ECI deductive formula and can improve classification accuracy by eliminating water bodies as a critical environmental category. The results of the ECI environmental criticality classification show that 46.69% is included in the uncritical category, 51.55% is in the critical category and 1.76% is in the very critical category. Areas with a very critical category are scattered on Jalan Tamalate, Jalan Maccini Raya, Jalan Teuku Umar 11, Jalan Tinumbu Jalan, Abdul Rahman Hakim, Jalan Manuruki, and around of Jalan Tol Reformasi.

Keywords : Environmental Criticality Index (ECI), Land Surface Temperature (LST), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Built-up Index (NDBI), Normalized Difference Water Index (NDWI)

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang sangat tinggi di wilayah perkotaan memberikan dampak negatif berupa penurunan kualitas lingkungan dan peningkatan suhu di wilayah perkotaan. Fenomena peningkatan suhu tersebut kemudian dikenal sebagai fenomena pulau bahang perkotaan atau

Urban Heat Island (UHI). Fenomena UHI merupakan kondisi yang menunjukkan peningkatan suhu pada pusat-pusat aktivitas manusia dibandingkan dengan wilayah di sekitarnya dan juga merupakan implikasi dari peningkatan lahan terbangun dan berkurangnya tutupan vegetasi di wilayah perkotaan.

Kota Makassar merupakan salah satu kota besar yang terdampak fenomena UHI. Laju pertumbuhan penduduk dan perubahan penggunaan lahan yang tinggi di Kota Makassar menjadi pemicu utama fenomena ini. Sebagai kota industri dan pusat pendidikan di Indonesia Timur, Kota Makassar menjadi tujuan utama masyarakat wilayah Timur Indonesia untuk mencari pekerjaan dan pendidikan. Salah satu proyek pembangunan infrastruktur yang sedang dilaksanakan adalah pembangunan jalan tol layang sepanjang 4,3 kilometer. Pembangunan tersebut dilaksanakan di Jalan Andi Pangeran Pettarani yang merupakan jalan utama di Kota Makassar yang memicu bertambahnya tingkat kemacetan serta mendorong terjadinya peningkatan suhu permukaan.

Fenomena UHI mengakibatkan berkurangnya tingkat kenyamanan masyarakat kota dan juga meningkatkan indeks kekritisian lingkungan/*Environmental Criticality Index* (ECI). ECI didefinisikan sebagai kondisi kritis lingkungan akibat peningkatan suhu permukaan dan berkurangnya tutupan vegetasi. Secara sederhana dapat dijelaskan bahwa ECI berbanding lurus dengan peningkatan suhu dan berbanding terbalik dengan tutupan vegetasi (Senanayake et al., 2013).

Pemanfaatan citra satelit landsat 8 OLI/TIRS dapat digunakan untuk mengidentifikasi indeks kekritisian lingkungan dengan memanfaatkan saluran citra satelit untuk menyusun informasi yang dibutuhkan dalam analisa ECI. Pemanfaatan citra satelit juga memudahkan dalam melakukan kajian dalam wilayah yang luas dengan rentang waktu tertentu dan dalam waktu yang relative singkat.

Deteksi ECI dan trennya di Kota Makassar sangat penting dilakukan sebagai bahan pertimbangan dalam menyusun rencana tata ruang kota yang mendukung peningkatan kualitas lingkungan dan kenyamanan masyarakat Kota Makassar. Deteksi ECI harus dilakukan melalui pendekatan spasial dan dengan menganalisis indikator dan tren yang terjadi sehingga memberikan informasi yang komprehensif mengenai kondisi lingkungan di masa lampau dan dapat dipertimbangkan untuk merancang strategi mitigasi dampak yang ditimbulkan di masa yang akan datang. Berdasarkan uraian permasalahan di atas maka penelitian ini perlu dilakukan yang bertujuan untuk menganalisis secara spasial dan temporal indikator indikator kekritisian lingkungan serta indeks kekritisian lingkungan (ECI) menggunakan citra landsat 8 OLI/TIRS di Kota Makassar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Ruang lingkup substantif dari penelitian ini adalah mengkaji tentang indeks kekritisian lingkungan (ECI) dengan dengan pemanfaatan citra satelit landsat dan

pendekatan penginderaan jauh. Beberapa indikator terkait UHI juga termasuk dalam kajian penelitian ini dan berdasarkan hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa indikator indikator tersebut berpengaruh terhadap pembentukan UHI secara signifikan. Indikator yang dimaksud adalah nilai Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Land Surface Temperatur (LST) dan Normalized Built-up Index (NDBI) dan indeks air.

NDVI merupakan indeks yang menunjukkan tingkat kehijauan suatu tanaman (Lillesand & Kiefer, 2008). Secara matematis NDVI dihitung melalui kombinasi matematis antara band merah/Red dan band inframerah dekat/Near-Infrared Radiation (NIR) dan telah banyak digunakan untuk analisis indikator kondisi kerapatan vegetasi. Indeks lahan terbangun atau NDBI merupakan algoritma untuk menunjukkan tingkat kerapatan lahan terbangun. Nilai NDBI sangat dipengaruhi oleh lahan terbangun maupun lahan yang terbuka (Guo et al., 2015). Pemilihan algoritma NDBI dilakukan karena algoritma ini merupakan formula yang paling sering digunakan dalam analisis indeks lahan terbangun. NDWI merupakan algoritma yang paling sering digunakan untuk membedakan antara objek air dan non air (Mcfeeters, 2007). Transformasi ini memiliki rentan nilai antara -1 sampai 1 dimana ambang batas (threshold) yang menunjukkan fitur air adalah nilai 0 sampai dengan 1.

Penelitian mengenai UHI telah banyak dilakukan peneliti di seluruh dunia termasuk di beberapa kota besar di Indonesia. Salah satu kajian adalah tentang model sebaran spasial dan temporal fenomena UHI di Kabupaten Bogor (Novianto, 2013). Hasil penelitiannya menunjukkan ada perbedaan pola UHI pada siang dan malam hari. Pada siang hari, suhu permukaan membentuk pola UHI yang memusat di Kota Bogor, sedangkan pada malam hari cenderung membentuk gradient suhu permukaan yang meningkat menuju Kota Depok hingga Jakarta.

Kajian tentang hubungan antara UHI dengan indeks vegetasi NDVI telah dilakukan di New Delhi dan Mumbai (Grover & Singh, 2015). Hasil kajian yang dilakukan menunjukkan bahwa daerah dengan nilai NDVI yang tinggi dan dekat dengan sungai memiliki suhu permukaan yang lebih rendah dibandingkan dengan daerah yang dekat dengan laut dan nilai NDVI lebih rendah. Penelitian ini menunjukkan bahwa ada keterkaitan yang signifikan antara nilai NDVI dengan fenomena UHI.

Fenomena UHI juga telah dikaji di Kota Surabaya (Sobirin & Fatimah, 2015) dan Makassar (Maru et al., 2015). Peningkatan UHI di Kota Surabaya berbanding lurus dengan kerapatan bangunan dan berbanding terbalik dengan kerapatan vegetasi. Di Kota Makassar, secara lebih spesifik menunjukkan bahwa distribusi suhu permukaan yang tinggi terjadi pada area permukiman

penduduk, pusat perbelanjaan dan bangunan perkantoran, sedangkan suhu yang lebih rendah diperoleh pada daerah hijau dan tidak terbangun. Hasil kajian di Kota Jakarta (Maru, 2015) mengemukakan bahwa peningkatan jumlah penduduk, aktivitas manusia, kendaraan, dan fasilitas publik pada rentan tahun 1980 hingga 2000 berbanding lurus dengan peningkatan fenomena UHI. Penelitian tentang model indeks kekritisian lingkungan (ECI) dengan menggunakan algoritma urban heat island juga dilakukan di Kota Semarang (Sasmito & Suprayogi, 2017) dan Makassar (Fadlin et al., 2020). Nilai ECI diperoleh dengan menggunakan data LST yang dibagi dengan NDVI yang direntangkan histogram spektralnya menjadi 8 bit. Dari hasil tersebut terdeteksi bahwa kekritisian lingkungan akibat UHI terdapat di pusat kota yaitu pada wilayah utara Kota Semarang.

Pada tahun 2017, (Handayani et al., 2017) melanjutkan penelitian serupa dengan menganalisis keterkaitan antara perubahan suhu (LST) dengan indeks kawasan terbangun (NDBI) di Kota Surakarta. Persamaan regresi linear sederhana yang digunakan dalam analisis data menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara nilai NDBI dan LST setiap rentang tahun dengan koefisien lebih dari 50%. Pada tahun yang sama (Putra et al., 2018) kembali menganalisis tingkat kekritisian lingkungan namun dengan menambah aspek NDBI dalam mengkalkulasi indeks kekritisian lingkungan dan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pusat Kota Surakarta menjadi tempat yang memiliki indeks kekritisian lingkungan paling tinggi berdasarkan nilai LST dan NDBI.

Berdasarkan uraian hasil penelitian terdahulu terkait dengan fenomena UHI menunjukkan bahwa ada pengaruh signifikan antara nilai NDBI, NDVI dan LST terhadap tingkat kekritisian lingkungan. Pada penelitian ini, penulis akan melakukan penelitian tentang indeks kekritisian lingkungan dengan memasukkan nilai water index menggunakan algoritma *Normalized Difference Water Index* (NDWI) sebagai salah satu indikator dengan membangun asumsi dan sebagai *state of the art* dari penelitian ini bahwa ada pengaruh tren atau keberadaan tubuh air terhadap LST yang berimplikasi pada nilai kekritisian lingkungan (ECI) di Kota Makassar.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data citra satelit Landsat 8 Operational Land Imager and Thermal Infrared Sensor (OLI/TIRS) tahun 2013 sampai dengan tahun 2018. Data citra satelit landsat 8 OLI/TIRS diunduh melalui website United States Geological Survey (USGS) dengan data arsip pada path 114 row 64. Spesifikasi data yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS

Nomor Band	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi
Band 1 (Ultra Blue)	0.43 – 0.45	30
Band 2 (Blue)	0.45 – 0.51	30
Band 3 (Green)	0.53 – 0.59	30
Band 4 (Red)	0.64 – 0.67	30
Band 5 (Near Infrared)	0.85 – 0.88	30
Band 6 (Shortwave Infrared 1)	1.57 – 1.65	30
Band 7 (Shortwave Infrared 2)	2.11 – 2.29	30
Band 8 (Panchromatic)	0.50 – 0.68	15
Band 9 (Cirrus)	1.36 – 1.38	30
Band 10 (Thermal Infrared 1)	10.60 – 11.19	30
Band 11 (Band Thermal Infrared 2)	11.50 – 12.51	30

Sumber: U.S. Geological Survey (USGS)

3.2 Pengolahan dan Analisis Data

3.2.1 Land Surface Temperature (LST)

Salah satu indikator utama UHI dan ECI adalah suhu permukaan tanah. Berdasarkan spesifikasi citra satelit Landsat 8 diketahui bahwa citra tersebut dilengkapi oleh saluran thermal yakni pada band 10 dan band 11 yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi agihan suhu permukaan tanah atau LST. Perhitungan LST diawali dengan konversi nilai piksel dalam *Digital Number* (DN) ke nilai *Spectral Radiance* (SR). Setelah konversi dilakukan kemudian dilanjutkan dengan perhitungan suhu pada atmosfer *Top of Atmosphere* (ToA) *Brightness Temperature*. Secara matematis konversi SR dan perhitungan ToA *Brightness Temperature* masing-masing dapat dilihat pada persamaan 1 dan 2 berikut ini.

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (2)$$

Keterangan:

L_{λ} = *Spectral radiance* ($\text{W}/(\text{m}^2 * \text{sr} * \mu\text{m})$)

M_L = *Radiance multiplicative scaling factor*

Q_{cal} = Level 1 nilai pixel dalam DN

A_L = *Radiance additive scaling factor*

T = ToA *brightness temperature* (K)

K_2 = Konstanta konversi termal 2

K_1 = Konstanta konversi termal 1

Perhitungan LST dilakukan menggunakan algoritma suhu permukaan tanah dengan factor konversi ke celcius (Sobrino et al., 2004).

$$LST = \frac{T}{1 + \left(\frac{w * T}{p}\right) \ln(e)} - 273,15 \quad (3)$$

Keterangan:

LST = Suhu Permukaan Tanah (celcius),

w = *wavelength of emitted radiance* (11.5 μm),

$p = h * c / \sigma (1,438 * 10^{-2} \text{ mK})$
 $h = \text{konstanta Planck } (6.626 * 10^{-34} \text{ Js}),$
 $c = \text{kecepatan cahaya } (2,998 * 10^8 \text{ m/s}) \text{ dan}$
 $\sigma = \text{konstanta Boltzman } (1.38 * 10^{-23} \text{ J/K}).$
 $e = \text{Emisivitas lahan terbangun } 0,937$
 (Mallick et al., 2012).

3.2.2 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Indikator kedua yang digunakan dalam analisa ECI adalah indeks vegetasi NDVI. Nilai NDVI memiliki rentan antara -1 sampai dengan 1 dimana semakin besar nilai NDVI menunjukkan tingkat kerapatan vegetasi yang semakin tinggi. Perhitungan NDVI diawali dengan konversi dari nilai DN ke nilai reflektan (koreksi radiometrik) untuk memperoleh pancaran atau nilai reflektansi gelombang yang digunakan untuk perhitungan NDVI. Konversi dan perhitungan NDVI masing masing dapat dilihat pada persamaan 4 dan 5 berikut ini.

$$\rho\lambda' = M\rho * Q_{cal} + A\rho \quad (4)$$

$$NDVI = \frac{p_{NIR} - p_{RED}}{p_{NIR} + p_{Red}} \quad (5)$$

Keterangan:

$\rho\lambda'$ = ToA Planetary Spectral Reflectance

$M\rho$ = multiplicative scaling factor

$A\rho$ = additive scaling factor

p_{NIR} = reflectance band inframerah dekat/NIR

p_{RED} = reflectance band merah/RED

3.2.3 Normalized Difference Built-up Index (NDBI)

Indeks lahan terbangun dapat dideteksi menggunakan algoritma Normalized Difference Built-up Index (NDBI) yang sangat sensitive terhadap lahan terbangun dan lahan terbuka. Pemilihan algoritma NDBI dilakukan karena formula ini adalah yang paling banyak digunakan dalam mengkaji indeks lahan terbangun (Handayani et al., 2017). Perhitungan NDBI diawali dengan konversi dari nilai DN ke nilai reflektan dan dilanjutkan dengan perhitungan indeks kawasan terbangun menggunakan persamaan 6 dan 7 berikut ini.

$$\rho\lambda' = M\rho * Q_{cal} + A\rho \quad (6)$$

$$NDBI = \frac{p_{SWIR} - p_{NIR}}{p_{SWIR} + p_{NIR}} \quad (7)$$

Keterangan:

SWIR = reflektan band shortwave infrared

NIR = reflektan band inframerah dekat

3.2.4 Normalized Difference Water Index (NDWI)

Indikator terakhir yang digunakan dalam identifikasi dan analisis indeks kekritisian

lingkungan ECI adalah indeks air atau *Normalized Difference Water Index* (NDWI). Indikator ini juga memiliki rentan nilai antara -1 hingga 1. Tahapan dalam perhitungan NDWI juga diawali dengan konversi DN ke nilai reflektan dan diakhiri dengan perhitungan indeks air menggunakan persamaan berikut.

$$NDWI = \frac{p_{NIR} - p_{SWIR}}{p_{NIR} + p_{SWIR}} \quad (8)$$

3.2.5 Environmental Criticality Index (ECI)

Tahapan terakhir dalam pengolahan dan analisis data penelitian ini adalah perhitungan indeks kekritisian lingkungan ECI. Perhitungan ECI dilakukan menggunakan persamaan yang dikembangkan dari persamaan yang dikemukakan (Senanayake et al., 2013) dengan menambahkan indikator indeks kawasan terbangun dan indeks air.

Tahap awal sebelum perhitungan ECI adalah dengan menyamakan nilai spektral indikator indikator yang digunakan dengan terlebih dahulu merentangkan (*stretched*) nilai spectral setiap indikator menjadi 1 – 255. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari angka 0 dari piksel. Secara matematis persamaan yang digunakan dalam perhitungan ECI adalah sebagai berikut.

$$ECI (stretched) = \frac{LST * NDBI (Stretched)}{NDVI * NDWI (stretched)} \quad (9)$$

Dimana ECI merupakan representasi dari nilai indeks kekritisian lingkungan, LST, NDVI, NDBI dan NDWI stretched adalah nilai indikator yang telah direntangkan. Hasil kalkulasi yang diperoleh selanjutnya diklasifikasikan menggunakan metode histogram equalize ke dalam tiga kelas yaitu tidak kritis, sedang dan kritis. Hasil klasifikasi tersebut kemudian dilanjutkan dengan menghitung luasan areanya menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$A = Cell\ Count * Area\ SR \quad (10)$$

Dimana A adalah luas area terklasifikasi, *cell count* adalah jumlah cell dan Area SR adalah luas cell berdasarkan resolusi spasial yaitu sebesar 900 m² (resolusi spasial 30 m). Selanjutnya hasil perhitungan nilai indeks kekritisian lingkungan (ECI) diklasifikasikan ke dalam 3 kelas yaitu kelas ECI tidak kritis, kritis, sangat kritis. Klasifikasi dilakukan menggunakan metode *Natural Breaks* untuk mengklasifikasikan fenomena khususnya terkait dengan fenomena lingkungan dan kebencanaan.

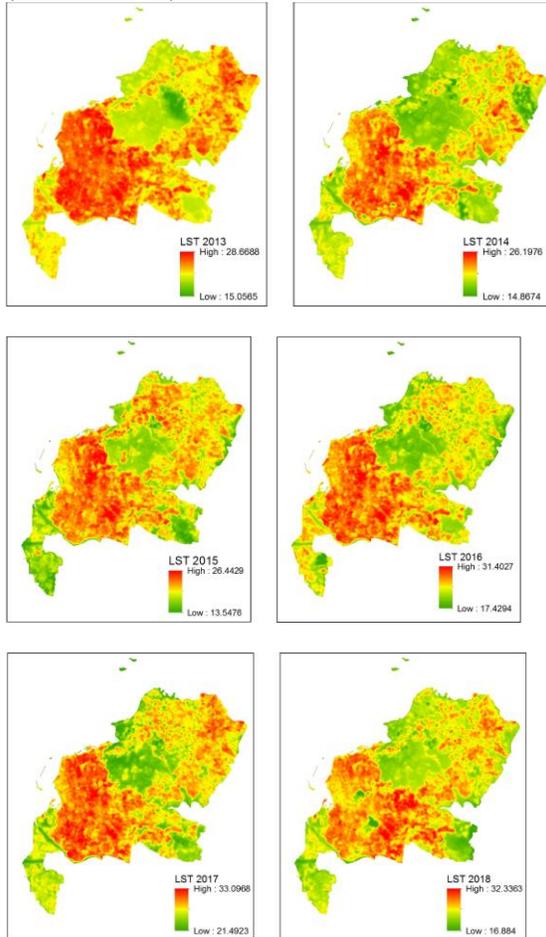
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Land Surface Temperature (LST)

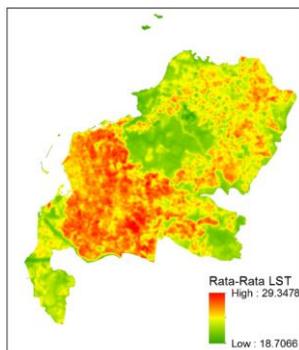
Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa LST secara spasial dan multitemporal di wilayah Kota Makassar diperoleh nilai suhu permukaan tanah yang bersifat fluktuatif dalam rentan waktu tahun 2013 sampai

2018. Peningkatan suhu tertinggi terjadi pada tahun 2017 dan 2018 dimana pada rentang waktu tersebut terdapat proyek pembangunan infrastruktur jalan tol layang di pusat Kota Makassar.

Agihan LST di Kota Makassar juga membentuk pola-pola mengelompok atau terpusat pada suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah disekitarnya. Pola pola tersebut sekaligus menunjukkan adanya fenomena *Urban Heat Island* (UHI) di Kota Makassar (Gambar 1 dan 2).

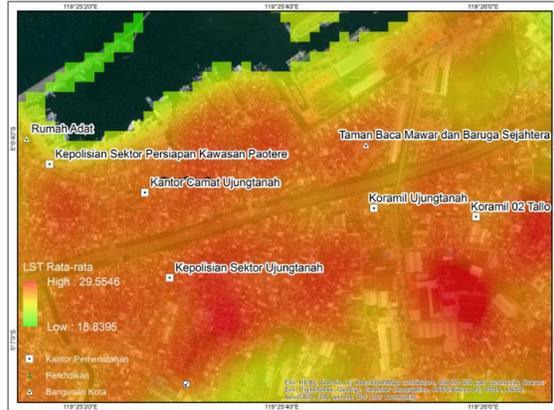


Gambar 1. LST Kota Makassar tahun 2013 – 2018



Gambar 2. Rata-rata LST Kota Makassar tahun 2013 - 2018

Hasil kalkulasi dan analisa LST tersebut selanjutnya diverifikasi dan divalidasi menggunakan data citra satelit resolusi tinggi serta pengamatan langsung untuk melihat kondisi tutupan lahan di lapangan. Hasil verifikasi dan validasi menunjukkan bahwa pola UHI tersebar di daerah pusat permukiman padat penduduk, pusat perkantoran, pusat pemerintahan, pusat perbelanjaan yang tersebar di wilayah Kota Makassar (Gambar 3.)

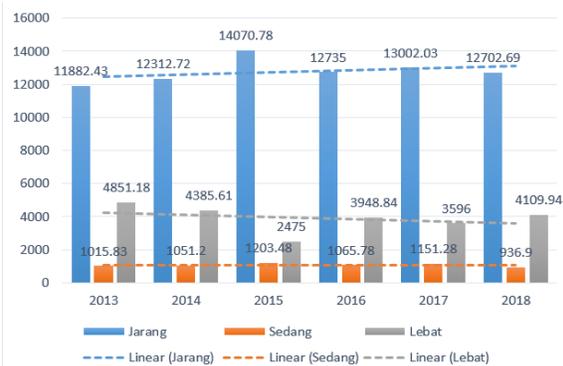
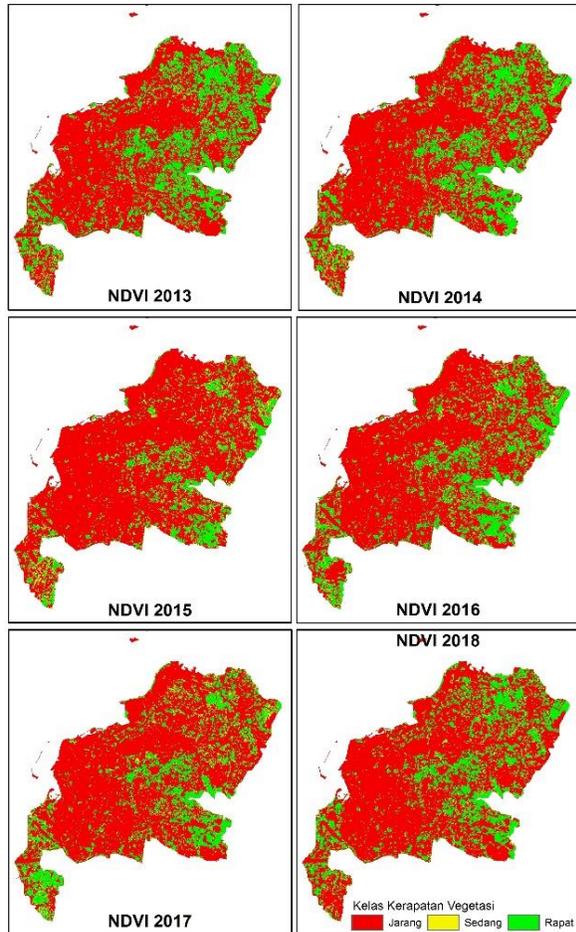


Gambar 3. Contoh formasi fenomena UHI Kota Makassar

4.2 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Sebaran nilai kerapatan vegetasi di Kota Makassar diperoleh dari hasil analisa menggunakan algoritma NDVI. Berdasarkan hasil analisa diperoleh rentan nilai rata rata NDVI sebesar -0,126037 sampai dengan 0,45792. Hasil analisa dari tahun 2013 sampai dengan 2018 juga menunjukkan adanya flktuasi nilai maksimum dan minimum NDVI. Untuk melihat tren yang terjadi maka dilakukan klasifikasi nilai NDVI dan melihat perubahan yang terjadi dari tahun 2013 hingga 2018. Klasifikasi dilakukan mengacu pada penelitian yang dilakukan di wilayah Kota Jakarta (Lufilah et al., 2017) dimana rentang nilai NDVI kurang dari 0,2813 termasuk kategori vegetasi jarang, 0,2813 sampai 0,3143 kategori sedang dan diatas 0,3143 termasuk kategori vegetasi rapat/lebat (Gambar 4 dan 5).

Klasifikasi NDVI dilakukan dengan menggunakan *tools* pada perangkat lunak Sistem Informasi Geografis. Perhitungan luas dilakukan dengan menghitung jumlah piksel berdasarkan kategori klasifikasi yang di multiplikasikan dengan luas area tiap piksel. Berdasarkan hasil kenampakan visual, terlihat terjadi anomali data NDVI ditahun 2016 dan 2017. Dimana terjadi peningkatan area dengan indeks kerapatan vegetasi tinggi. Berdasarkan analisa yang dilakukan, sala satu factor penyebab anomaly tersebut adalah kondisi citra satelit landsat 8 OLI/TIRS pada perekaman tahun 2016 dan 2017, kurang baik dengan tutupan awan yang cukup besar pada *scene path* 114 row 64.

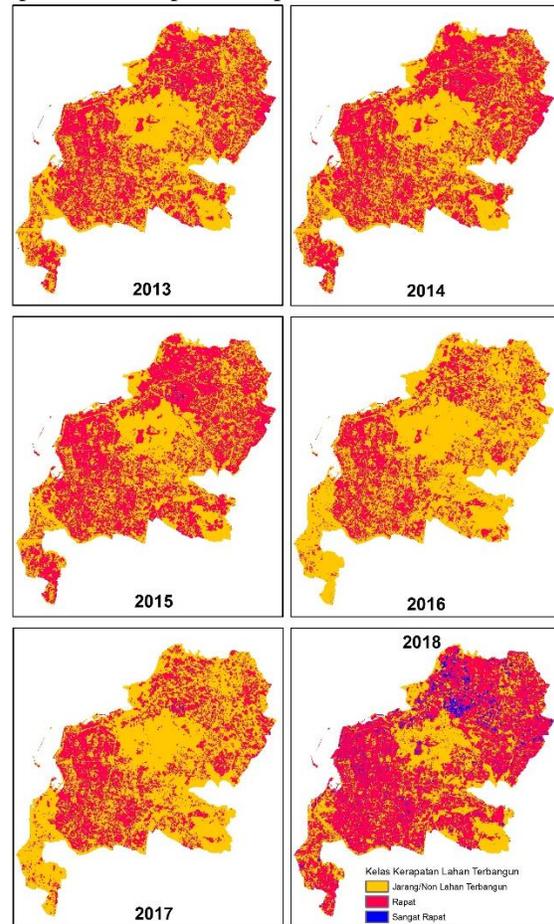


Gambar 4. Sebaran Spasial dan tren perubahan luasan kelas kerapatan NDVI (Ha) Kota Makassar Tahun 2013 -2018

Berdasarkan hasil klasifikasi tingkat kerapatan vegetasi dan luas areanya, diperoleh hasil bahwa terjadi tren peningkatan luasan area dengan vegetasi jarang dan penurunan luasan pada tingkat kerapatan vegetasi lebat atau rapat. Hasil tersebut sekaligus membuktikan bahwa aktivitas pembangunan di Kota Makassar dalam rentang waktu tahun 2013 hingga 2018 telah mengakibatkan penurunan luasan area tutupan vegetasi.

4.3 Normalized Difference Built-up Index (NDBI)

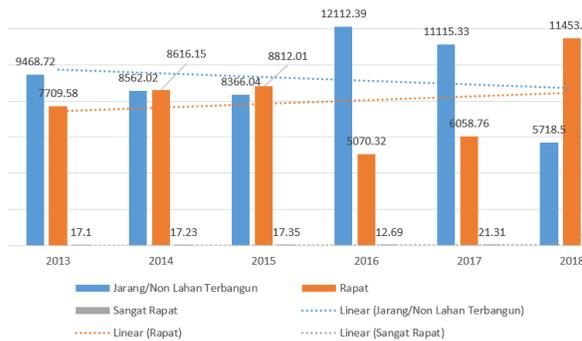
Salah satu indikator yang digunakan dalam penelusuran ECI di Kota Makassar adalah indeks lahan terbangun NDBI. Hasil analisa sebaran spasial dan tren indeks lahan terbangun di Kota Makassar juga menunjukkan tren peningkatan dalam rentan tahun 2013 sampai 2018. Hal tersebut diketahui dari perhitungan perubahan luasan indeks kawasan terbangun yang telah diklasifikasikan dalam tiga kelas. Klasifikasi tersebut terdiri atas indeks kawasan terbangun kategori jarang/non lahan terbangun dengan nilai NDBI kurang dari 0, indeks kawasan terbangun kategori rapat dengan nilai NDBI 0 – 0,1 dan indeks kawasan terbangun sangat rapat dengan nilai NDBI lebih besar dari 0,1. Sebaran spasial NDBI dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Sebaran spasial Indeks Kawasan Terbangun (NDBI) Kota Makassar tahun 2013 – 2018

Berdasarkan peta sebaran spasial indeks kawasan terbangun tersebut kemudian dilakukan perhitungan luas area berdasarkan kategori klasifikasi (Gambar 6). Hasil analisa tren perubahan luas menunjukkan peningkatan indeks kawasan terbangun di Kota Makassar. Hal tersebut selaran dengan penurunan tutupan lahan bervegetasi seperti yang dikemukakan pada hasil penelitian sebelumnya. Hasil ini sekaligus menjadi bukti

bahwa terjadi peningkatan pembangunan di Kota Makassar dalam rentan tahun 2013 – 2018.

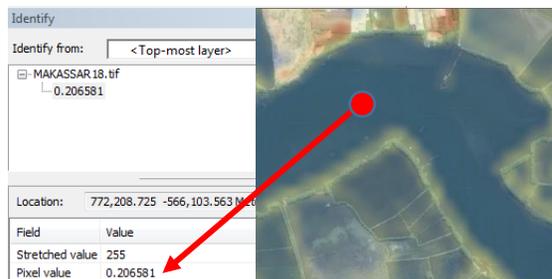


Gambar 6. Tren perubahan luasan kelas kerapatan kawasan terbangun NDBI (Ha) Kota Makassar Tahun 2013 -2018

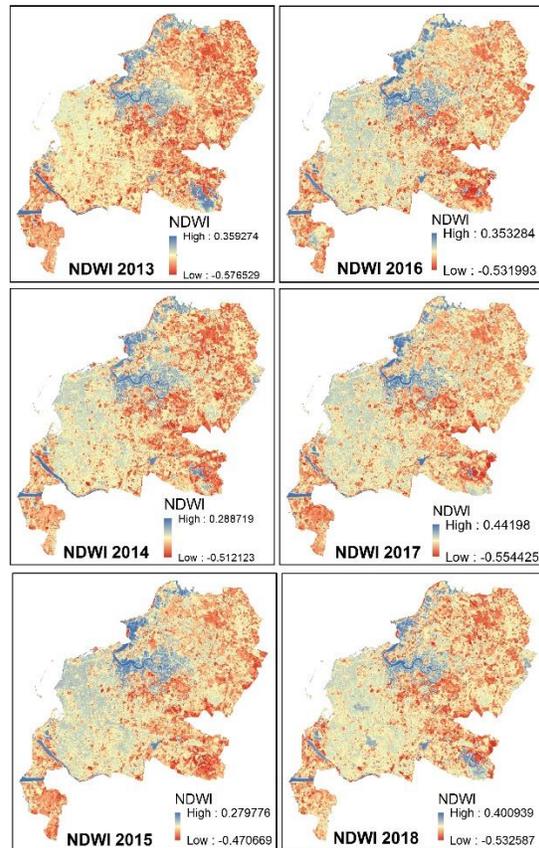
4.4 Normalized Difference Water Index (NDWI)

Indikator terakhir yang digunakan dalam penelitian ini adalah NDWI dan juga sebagai indikator uji atau tambahan pada formula deduktif ECI. Pemilihan NDWI atau indeks kebasahan lahan ini didasarkan dari hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa daerah dengan tutupan tubuh air juga terdeteksi sebagai lahan kritis,. Oleh karena itu pemanfaatan algoritma NDWI diharapkan dapat mengeliminasi tubuh air sebagai lahan yang terkategori kritis.

Hasil analisa NDWI secara spasial dan temporal (Gambar 8) menunjukkan adanya dinamika atau perubahan nilai indeks kebasahan lahan di Kota Makassar. Faktor utama yang menyebabkan perbedaan yang terjadi adalah perubahan tutupan lahan. Daerah daerah dengan vegetasi yang rapat dan juga tubuh air, memiliki nilai indeks kebasahan lahan yang tinggi (positif). Sebaliknya, daerah dengan vegetasi yang jarang, lahan terbuka, bangunan, memiliki indeks kebasahan lahan yang lebih rendah (negatif). Salah satu bukti dari pernyataan tersebut dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. NDWI Sungai Tallo Kota Makassar



Gambar 8. Sebaran spasial dan temporal NDWI Kota Makassar Tahun 2013 - 2018

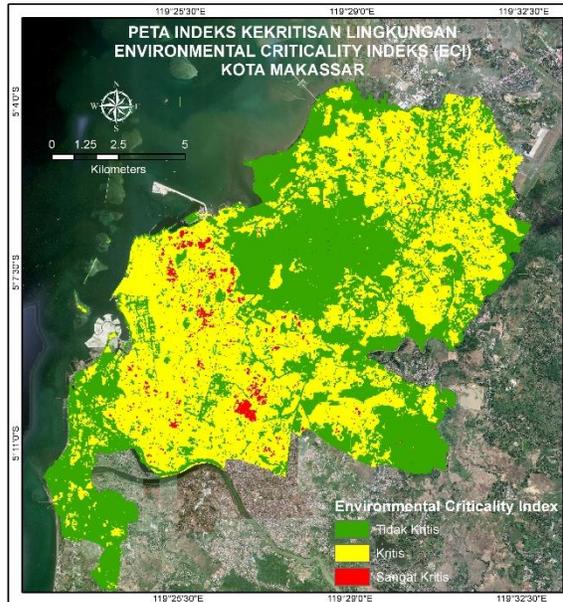
4.5 Environmental Criticality Index (ECI)

Berdasarkan hasil analisa indikator indikator indeks kekritisan lingkungan yang digunakan pada penelitian terdahulu, diperoleh sebaran spasial indeks kekritisan lingkungan di Kota Makassar yang dapat dilihat pada Gambar 8. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa 46,69% wilayah Kota Makassar termasuk dalam kategori tidak kritis, 51,55% masuk kategori kritis dan 1,76% termasuk kategori sangat kritis. Klasifikasi indeks kekritisan lingkungan tersebut merupakan hasil analisa rata-rata suhu permukaan tanah, indek kawasan terbangun, indeks vegetasi dan penambahan indeks kebasahan wilayah Kota Makassar dalam rentan waktu tahun 2013 hingga 2016.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa, penambahan algoritma indeks kebasahan NDWI dapat mengeliminasi pengklasifikasian tubuh air sebagai kategori lingkungan kritis. Hal ini dibuktikan dengan hasil sebaran spasial indeks kekritisan lingkungan yang menunjukkan wilayah degan tutupan lahan tutupan air tidak termasuk pada lahan dengan klasifikasi kritis.

Fakta lain dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sebaran wilayah dengan indeks kekritisan lingkungan sangat tinggi, berada pada kawasan padat permukiman dengan tutupan vegetasi yang minim

(Gambar 9). Hasil tersebut juga mendukung hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa indeks kekritisan lingkungan berbanding lurus dengan indeks kawasan terbangun dan berbanding terbalik dengan indeks vegetasi (Sasmito & Suprayogi, 2017).



Gambar 9. Sebaran Indeks Kekritisan Lingkungan Kota Makassar



Gambar 10. Contoh wilayah di Kota Makassar dengan klasifikasi ECI Sangat Kritis

Salah satu wilayah dengan nilai ECI sangat tinggi adalah di sekitar jalan Tamalate Kota Makassar. Berdasarkan hasil validasi kondisi wilayah menggunakan citra satelit resolusi tinggi, diperoleh gambaran kondisi wilayah yang sangat padat dengan permukiman warga dan sangat minim vegetasi. Selain wilayah tamalate, ECI dengan kategori sangat kritis juga tersebar di wilayah Jalan Maccini Raya, Jalan Teuku Umar 11, Jalan Tinumbu, Jalan Abdul Rahman Hakim, Jalan Manuruki, dan sekitar jalan Tol Reformasi. Sementara itu, wilayah dengan kategori tidak kritis tersebar pada wilayah dengan tutupan lahan vegetasi dan

tubuh air (Gambar 11) sekaligus menjadi bukti bahwa pemanfaatan algoritma NDWI dapat digunakan dalam analisa indeks kekritisan lingkungan ECI, dalam hal ini meningkatkan akurasi klasifikasi ECI.



Gambar 11. Klasifikasi ECI kategori tidak kritis pada muara sungai Jeneberang

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terjadi tren peningkatan suhu permukaan tanah (LST) dan indeks kawasan terbangun (NDBI), serta tren penurunan tutupan vegetasi pada wilayah Kota Makassar dalam rentan waktu tahun 2013 sampai dengan 2018. Algoritma indeks kebasahan NDWI dapat digunakan sebagai tambahan dalam formula deduktif ECI dan mampu meningkatkan akurasi klasifikasi dengan mengeliminasi tubuh air sebagai kategori lingkungan kritis.

Hasil klasifikasi indeks kekritisan lingkungan ECI menunjukkan bahwa 46,69% wilayah Kota Makassar termasuk dalam kategori tidak kritis, 51,55% masuk kategori kritis dan 1,76% termasuk kategori sangat kritis. Wilayah dengan kategori sangat kritis tersebar di Jalan Tamalate, wilayah Jalan Maccini Raya, Jalan Teuku Umar 11, Jalan Tinumbu, Jalan Abdul Rahman Hakim, Jalan Manuruki, dan sekitar jalan Tol Reformasi.

Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan mengidentifikasi algoritma lain yang dapat digunakan dalam analisa ECI untuk meningkatkan akurasi klasifikasi yang dihasilkan. Seleksi citra satelit terkait waktu perekaman, kondisi tutupan awan serta wilayah yang dikaji perlu diperhatikan untuk menghindari hasil klasifikasi data yang kurang maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan

Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberi dukungan finansial terhadap penelitian ini dalam skema Penelitian Dosen Pemula dan Politaknik Pertanian Negeri Samarinda Program Studi Teknologi Geomatika sebagai unit kerja penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Fadlin, F., Suparjo, Sajjah, A. Ma., Ransi, N., & Nangi, J. (2020). Analisis spasiotemporal Indeks Kekritisian Lingkungan menggunakan algoritma Land Surface Temperature dan Normalized Difference Vegetation Index di Kota Makassar. *6*(1), 89–98.
- Grover, A., & Singh, R. (2015). Analysis of Urban Heat Island (UHI) in Relation to Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): A Comparative Study of Delhi and Mumbai. *Environments*, *2*(4), 125–138. <https://doi.org/10.3390/environments2020125>
- Guo, G., Wu, Z., Xiao, R., & Chen, Y. (2015). Landscape and Urban Planning Impacts of urban biophysical composition on land surface temperature in urban heat island clusters. *Landscape and Urban Planning*, *135*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.11.007>
- Handayani, M. N., Sasmito, B., & Putra, A. (2017). Analisis hubungan antara perubahan suhu dengan indeks kawasan terbangun menggunakan citra landsat (Studi Kasus: Kota Surakarta). *6*, 208–218.
- Lillesand, T. ., & Kiefer, R. . (2008). *Record Details* (7th ed.). NASA, United States.
- Lufilah, S. N., Afra, D. M., & Sulistyantara, B. (2017). Pemanfaatan citra Landsat 8 untuk analisis Indeks Vegetasi di DKI Jakarta. *Lanskap Indoensia*, *9*(1), 73–80. <http://journal.ikipgriptk.ac.id/index.php/edukasi/article/download/17/16>
- Mallick, J., Singh, C. K., Shashtri, S., Rahman, A., & Mukherjee, S. (2012). Land surface emissivity retrieval based on moisture index from LANDSAT TM satellite data over heterogeneous surfaces of Delhi city. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *19*(1), 348–358. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2012.06.002>
- Maru, R. (2015). *The relationship between land use changes and the urban heat island phenomenon in Jakarta , Indonesia*. August. <https://doi.org/10.1166/asl.2015.5842>
- Maru, R., Baharuddin, I. I., Zhiddiq, S., Arfan, A., & Bayudin. (2015). Trend Analysis of Urban Heat Island Phenomenon in the City of Makassar, South Sulawesi, Indonesia using Landsat. *Asian Journal of Applied Sciences*, *03*(05), 477–484.
- Mcfeters, S. K. (2007). *The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features*. 1161. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- Novianto, A. (2013). *Distribusi spasial dan temporal Urban Heat Island wilayah Bogor* (p. 20). Institut Pertanian Bogor.
- Putra, A. K., Sukmono, A., & Bandi, S. (2018). Analisis hubungan perubahan tutupan lahan terhadap suhu permukaan terkait fenomena Urban Heat Island menggunakan citra landsat (Studi Kasus: Kota Surakarta). *7*(3), 22–31.
- Sasmito, B., & Suprayogi, B. (2017). Model kekritisian indeks lingkungan dengan algoritma urban heat island di Kota Semarang (Model of Environmental Criticality Index with Urban Heat Island Algorithm in Semarang City). *Majalah Ilmiah GLOBE*, *19*(1), 45–52.
- Senanayake, I. P., Welivitiya, W. D. D. P., & Nadeeka, P. M. (2013). Remote sensing based analysis of urban heat islands with vegetation cover in Colombo city, Sri Lanka using Landsat-7 ETM+ data. *Urban Climate*, *5*, 19–35. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2013.07.004>
- Sobirin, & Fatimah, R. N. (2015). Urban Heat Island Kota Surabaya. *Geoedukasi*, *IV*(2), 46–69.
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, *90*(4), 434–440. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003>