

# Analisis *Land Surface Emissivity* menggunakan Data NDVI Landsat 8 dan Pengaruhnya terhadap Formasi *Land Surface Temperature* di Wilayah Kota Kendari

Nurgiantoro<sup>a,\*</sup>, Armayanti Aris<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup>Prodi Geografi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Universitas Halu Oleo, Jl. H.E.A Mokodompit Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu, Kendari 93232, Indonesia

<sup>b</sup>Mahasiswa Pascasarjana Prodi Perencanaan Wilayah, Universitas Halu Oleo, Jl. Bunga Matahari Kampus UHO Kemaraya, Kendari 93121, Indonesia

\* Korespondensi Penulis, E-mail: [nurgiantoro@uho.ac.id](mailto:nurgiantoro@uho.ac.id), [armayanti.aris@uho.ac.id](mailto:armayanti.aris@uho.ac.id)



Dikirim: 12 Jul 2019;  
Diterima: 20 Agu 2019;  
Diterbitkan: 31 Agu 2019.

**Abstrak.** *Land surface emissivity* (LSE) merupakan bagian penting dalam studi lingkungan perkotaan dan dalam analisis *land surface temperature* (LST), sebab parameter ini berkaitan erat dengan komposisi material suatu wilayah *urban*. Pendekatan penginderaan jauh dengan menggunakan sensor OLI dan TIRS *onboard* Landsat 8 akan lebih memudahkan mengetahui hasilnya. Tujuan penelitian ini yakni menganalisis variasi LSE dan pengaruhnya terhadap formasi LST yang terjadi di wilayah Kota Kendari dalam kurun waktu 5 tahun terakhir dari tahun 2014 dan 2019 berdasarkan NDVI *thresholds method* (NDVI<sup>THM</sup>). Hasilnya menunjukkan nilai LSE di wilayah studi area rata-rata  $\epsilon > 0.96$  dalam unit emisivitas. Sedangkan NDVI rata-rata sebesar 0.64 dan 0.74 untuk masing-masing tahun 2014 dan 2019. Formasi rata-rata LST yang terbentuk tahun 2014 sebesar 31.74°C dan 23.47°C ditahun 2019 atau kurang lebih selisih 7°C dari lima tahun lalu.

**Kata kunci:** Land surface emissivity; LST; NDVI; Landsat 8.

## Analysis of Land Surface Emissivity using NDVI Data Onboard Landsat 8 and its Effect to the Land Surface Temperature Formation in Kendari Region

**Abstract.** Land surface emissivity (LSE) is an important part of urban environment studies and also plays a main role in analysis of land surface temperature (LST), because this parameter is closely related to the material composition of an urban area. The remote sensing approach using sensor OLI and TIRS onboard Landsat 8 could help to obtain the results. The goal of this study is to analyze the variation of LSE and its effect on LST formation in Kendari region within the last 5 years from 2014 to 2019 based on NDVI thresholds method (NDVI<sup>THM</sup>). The results show LSE values in the study area an average of  $\epsilon > 0.96$  in the emissivity unit. Whereas the NDVI has an average of 0.64 and 0.74 for 2014 and 2019, respectively. Formation of LST an average of 31.74°C in 2014, and 23.47°C in 2019 or approximately 7°C difference from five years ago.

**Keywords:** Land surface emissivity; LST; NDVI; Landsat 8.

### I. PENDAHULUAN

Emisivitas permukaan tanah (*land surface emissivity*, LSE) merupakan sifat intrinsik dari material alami di permukaan bumi, dan sering dianggap sebagai indikator dari komposisi materialnya [1]. LSE sendiri adalah faktor proporsionalitas yang mengukur skala cahaya hitam (*Planck's*

*law*) untuk memprediksi pancaran yang dipancarkan oleh objek, dan merupakan efisiensi transmisi energi panas melintasi permukaan ke atmosfer [2], dan dinotasikan sebagai *epsilon* ( $\epsilon$ ) yang ditentukan oleh struktur tanah (*soil structure*), komposisi tanah (*soil composition*), bahan organik (*organic matter*), kelembaban (*moisture content*), dan karakteristik tutupan vegetasi [3]. LSE adalah parameter penting terkait dengan

perubahan tutupan lahan (*land cover changes*, LCC), juga parameter dasar dalam proses interaksi *surface-atmosphere* dan memainkan peran dalam menurunkan suhu permukaan tanah (*land surface temperature*, LST) [4], serta untuk memperkirakan *surface energy* [5]. Sedangkan dalam studi iklim, cuaca, dan beberapa model hidrologi, LSE adalah parameter *input* yang sangat diperlukan [6]. Pengetahuan tentang spektrum  $\epsilon$  juga berguna untuk studi geologi *terrestrial* dalam memetakan material-material permukaan berdasarkan perbedaan dalam fitur spektral yang bergantung pada panjang gelombang [7]. Nilai dari parameter LSE selalu terletak antara 0 hingga 1 [5], dan dapat diukur dari luar angkasa meskipun secara umum, pengambilannya tidaklah mudah [1]. Namun, parameter ini semakin diakui sebagai salah satu rekaman data sistem bumi yang paling penting oleh NASA dan organisasi internasional lainnya yang terkait [6].

Estimasi langsung LSE dari pengukuran satelit pasif cukup rumit dilakukan karena efek dari *atmospheric absorption* dan emisi serta refleksi permukaan selalu tergabung bersamaan atau dengan kata lain pertukaran energi antara permukaan tanah dan atmosfer selalu tercampur dalam *thermal infrared spectral band*. Hal ini pun cukup rumit, sebab secara matematis tidak dapat dipecahkan, dimana persamaan transfer radiatif (*radiative transfer equation*, RTE) menunjukkan bahwa *radiance emitted* dari permukaan di wilayah *infrared* adalah fungsi dari *temperature* dan emisivitasnya. Jika *radiance* diukur pada panjang gelombang  $\lambda_n$  akan selalu ada  $n + 1$  yang tidak diketahui [1]. Kendatipun demikian, upaya untuk mengekstraksi informasi emisivitas dari ruang angkasa bukanlah hal yang baru pada era ini, sebab data dari penginderaan jauh terus mengalami perkembangan untuk menyimpulkan parameter tersebut melalui rentang *spectral visible-nearinfrared* (VNIR), *mid-infrared* (MIR), *thermal-infrared* (TIR), dan gelombang mikro [1]. Bahkan, beberapa metode telah diusulkan untuk pengambilan LSE baik menggunakan hubungan statistik, maupun asumsi berdasarkan *Planck's function* dan RTE.

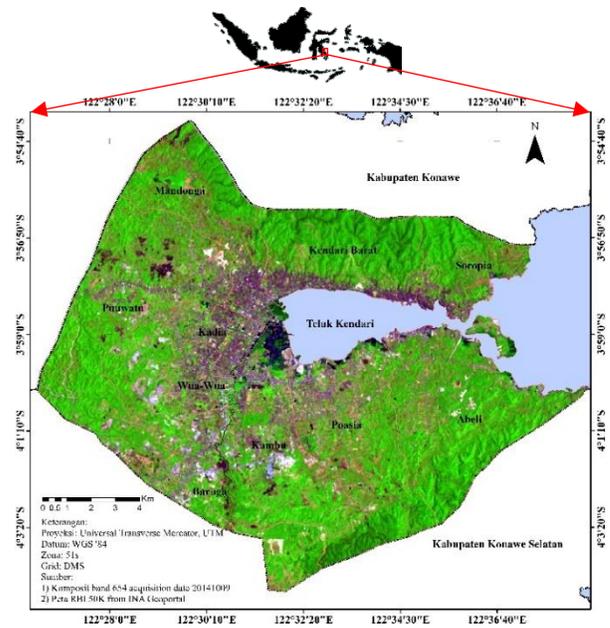
Secara umum, ada tiga cara berbeda untuk memperkirakan LSE dari ruang angkasa yakni: (1) *semi-empirical methods* (SEMs), (2) *multi-channel TES methods*, dan (3) *physically based methods* (PBMs). Meskipun ketiga metode tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan emisivitas, penerapannya berbeda secara signifikan. Akan tetapi, beberapa metode menekankan perlunya memperbaiki efek atmosfer terlebih dahulu [1]. Sehingga dengan demikian, dari beberapa metode tersebut diatas, kami memfokuskan menggunakan SEMs untuk memvariasikan LSE di wilayah area studi kami. Metode ini memperkirakan LSE dari hubungan statistik antara nilai *normalized difference vegetation index* (NDVI) yang berasal dari VNIR dan emisivitas di *band TIR* [1]. Setidaknya ada dua metode didalamnya yakni *classification-based emissivity method* (CBEM) [8] dan *NDVI-based emissivity method* (NBEM) [9], [10], kemudian dikembangkan menjadi *NDVI Thresholds Method* yang dikenal dengan istilah  $NDVI^{THM}$  [2] dan diperkenalkan pertamakali oleh Sobrino sekitar tahun 2000 [11].

Sebagaimana yang telah dijelaskan pada paragraf I, bahwa LSE merupakan parameter dasar dalam proses interaksi *surface-atmosphere* dan memainkan peran dalam menurunkan LST, maka isi dalam artikel ini kami fokuskan pada variasi LSE yang terjadi khusus pada wilayah *urban*, dimana wilayah ini merupakan wilayah yang signifikan terjadi formasi LST akibat dari urbanisasi yang menyebabkan padatnya pemukiman penduduk di perkotaan (*urban geometry*), *urban materials* seperti beton dan aspal, dan berkurangnya area vegetasi termasuk LCC. Adapun tujuan penelitian ini yakni menganalisis variasi LSE dan pengaruhnya terhadap formasi LST yang terjadi di wilayah Kota Kendari dalam kurun waktu 5 tahun terakhir dari tahun 2014 dan 2019 berdasarkan  $NDVI^{THM}$ .

## II. METODOLOGI

### 2.1 Area dan Data Penelitian

Lokasi penelitian berada di wilayah Kota Kendari, Provinsi Sulawesi Tenggara, Indonesia. Secara astronomis Kota Kendari terletak di bagian selatan garis khatulistiwa berada di antara  $3^{\circ}54'40''$  dan  $4^{\circ}5'05''$  lintang selatan (LS) dan membentang dari barat ke timur diantara  $122^{\circ}26'33''$  dan  $122^{\circ}39'14''$  bujur timur (BT). Berdasarkan posisi geografisnya, Kota Kendari memiliki batas-batas: Utara-Kabupaten Konawe; Timur-Laut Kendari; Selatan-Kabupaten Konawe Selatan; Barat-Kabupaten Konawe Selatan. Sedangkan berdasarkan letak geografisnya, wilayah Kota Kendari terletak di bagian Tenggara Pulau Sulawesi, dan daratannya terdapat di daratan Pulau Sulawesi mengelilingi Teluk Kendari. Luas wilayah daratan Kota Kendari adalah  $271.76 \text{ km}^2$  atau 0.7 persen dari luas daratan Provinsinya, dan memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Emisivitas permukaan tanah pada area studi diukur menggunakan informasi spektral dari *band* merah dan VNIR *onboard* Landsat 8 pada *path/row*: 112/063 termasuk *band* TIRS untuk estimasi LST, dan diolah menggunakan aplikasi ArcGIS 10.6.1 dari ESRI. Sedangkan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) kami gunakan untuk membatasi wilayah area studi (batas administrasi). Berikut ini adalah data-data yang kami pergunakan untuk menganalisis LSE di wilayah studi area.

TABEL 1. DATA CITRA LANDSAT 8

Name convention	Acquisition date
LC08_L1TP_112063_20141009_20170418_01_T1	9 Okt 2014
LC08_L1TP_112063_20190329_20190404_01_T1	29 Mar 2019

## 2.2 Metode penelitian

### a) Teknik pengumpulan data

Pengumpulan data kami bagi menjadi dua tahap, yaitu pengumpulan data citra sebagai data *raster* yang kami *order* melalui laman <https://espa.cr.usgs.gov> untuk pemesanan nilai *surface reflectance* (sr) *band operational land imager* (OLI), dan *brightness temperature* (bt) *band TIRS* citra Landsat 8 masing-masing tahun 2014 dan 2019. Tahapan selanjutnya yakni pengumpulan data RBI 50k melalui laman <http://tanahair.indonesia.go.id> untuk pengumpulan data vektor.

### b) Teknik analisis

Teknik analisis yang kami gunakan untuk mendapatkan nilai LSE sebagai parameter penting dalam analisis LST adalah dengan menggunakan metode NDVI<sup>THM</sup>. Nilai ambang batas (*thresholds*) NDVI dari *pixel* tanah (*soil pixels*, NDVI < NDVI<sub>s</sub>), *pixel* dengan *full* vegetasi (NDVI > NDVI<sub>v</sub>), dan *pixel* campuran (*mixed pixels*, NDVI<sub>s</sub> ≤ NDVI ≤ NDVI<sub>v</sub>) menjadi basis dari metode tersebut [2]. Menurut Sobrino, nilai NDVI < 0.2 representatif sebagai *pixel* dari *bare soil*, dan NDVI > 0.5 dianggap sebagai tanaman bervegetasi penuh. Sedangkan untuk *mixed pixels* berada pada rentang 0.2 ≤ NDVI ≤ 0.5 [12]. Adapun persamaan ε yang kami gunakan ialah sebagai berikut.

$$\varepsilon = mP_v + n \tag{1}$$

dengan *m* dan *n* masing-masing  $m = \varepsilon_v - \varepsilon_s - (1 - \varepsilon_s)F\varepsilon_v$  dan  $n = \varepsilon_s + (1 - \varepsilon_s)F\varepsilon_v$  dimana, ε<sub>s</sub> adalah emisivitas dari *soil*, ε<sub>v</sub> adalah emisivitas dari vegetasi, *F* adalah faktor bentuk yang nilainya rata-rata sebesar 0.55, diasumsikan sebagai perbedaan dari distribusi geometris [12]. Dalam penelitian ini, kami mengadopsi nilai *m* dan *n* masing-masing 0.004 dan 0.986 yang dihasilkan oleh Sobrino dengan *P<sub>v</sub>* adalah proporsional vegatasi yang dihitung berdasarkan kalkulasi NDVI [12],[13].

$$P_v = ((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))^2 \tag{2}$$

dimana NDVI dihitung dengan menggunakan persamaan  $NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{Red}) / (\rho_{NIR} + \rho_{Red})$ . NIR dan Red merupakan *bands* pada Landsat 8 masing-masing terkoreksi atmosfer; NDVI<sub>max</sub> adalah nilai maksimum NDVI ; dan NDVI<sub>min</sub> adalah nilai minimum dari NDVI.

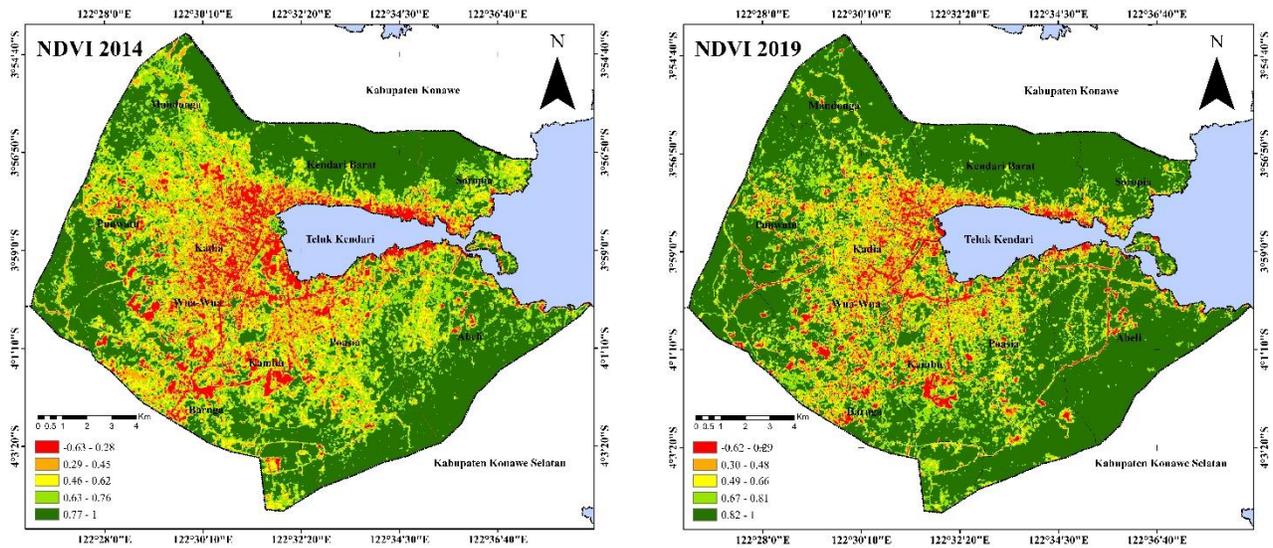
Analisis selanjutnya ialah kalkulasi nilai *land surface temperature*, analisis LST dalam penelitian ini dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$LST = T_B / 1 + (\lambda \times T_B / \rho) \ln \varepsilon \tag{3}$$

dengan  $T_B = K_2 / \ln(K_1 / L_\lambda + 1)$  dalam satuan Kelvin, *K<sub>1</sub>* dan *K<sub>2</sub>* adalah konstanta tersaji dalam metadata Landsat 8 dan *L<sub>λ</sub>* adalah *spectral radiance* yang dihitung menggunakan persamaan  $L_\lambda = M_L \times Q_{cal} + A_L$  dalam unit satuan W m<sup>-2</sup> sr<sup>-1</sup> μm<sup>-1</sup>, nilai *M<sub>L</sub>* dan *A<sub>L</sub>* merupakan faktor skala yang juga tersaji dalam metadata Landsat 8 dan *Q<sub>cal</sub>* adalah nilai *pixel* citra (*digital number*, DN). Sedangkan λ adalah Panjang gelombang yang efektif merespon *emitted radiance*, nilainya sebesar 11.5 μm [14], [15], [16], untuk *band* 6 pada sensor TM dan ETM+ *onboard* Landsat 5 dan Landsat 7, dan 10.8 μm untuk *band* 10 pada sensor TIRS *onboard* Landsat 8 [17]. Nilai ρ adalah  $\rho = h \times c / \sigma$  (1.438 × 10<sup>-2</sup> m K), dimana σ = konstanta Boltzmann (1.38 × 10<sup>-23</sup> J/K), *h* = konstantan Planck's (6.626 × 10<sup>-34</sup> J s), dan *c* = adalah kecepatan cahaya (2.998 × 10<sup>8</sup> m/s), serta ε = adalah nilai LSE [15], [16], [17].

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Variasi distribusi spasial LSE wilayah Kota Kendari pada tahun 2014 dan tahun 2019 masing-masing seperti pada Gambar 3. Nilainya dihitung dengan menggunakan metode NDVI<sup>THM</sup> sesuai persamaan (1). Sedangkan Gambar 2 menunjukkan NDVI di wilayah Kota Kendari yang dikalkulasi menggunakan *band* merah (ρ<sub>Red</sub>) dan *band* infra merah dekat (ρ<sub>NIR</sub>). Hasilnya, NDVI rata-rata di wilayah Kota Kendari untuk data tahun 2014 sebesar 0.64 dan 0.74 untuk data tahun 2019. Sehingga dengan nilai NDVI ini, vegetasi di wilayah area studi baik tahun 2014 maupun tahun 2019 masih sangat baik sebab NDVI > 0.5 dianggap bervegetasi penuh [12]. Kemudian, variasi nilai LSE berdasarkan hasil analisis berada pada rentang nilai 0.986 hingga 0.99, dengan rata-rata LSE tahun 2014 sebesar 0.9885 dan pada tahun 2019 rata-rata nilai LSE-nya sebesar 0.9889. Perlu diketahui bahwa masing-masing data kami ambil pada musim berbeda, tahun 2014 pada musim kemarau dan 2019 musim penghujan, sehingga emisivitas di musim penghujan terpantau 0.0004 lebih tinggi dibanding dengan emisivitas pada musim kemarau.

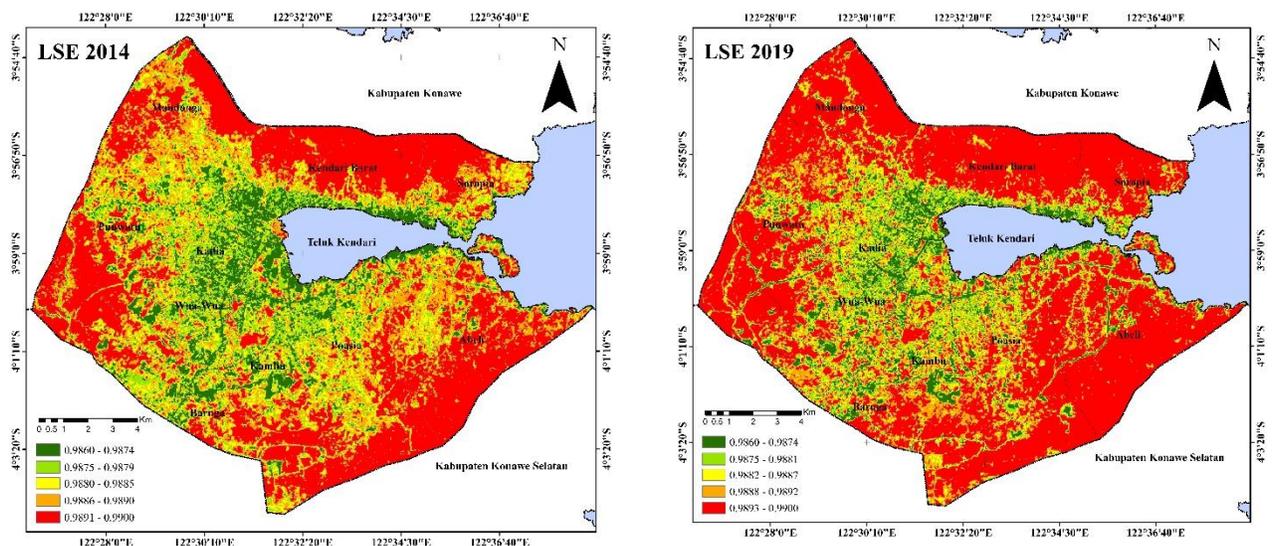


Gambar 2. Distribusi spasial NDVI wilayah Kota Kendari

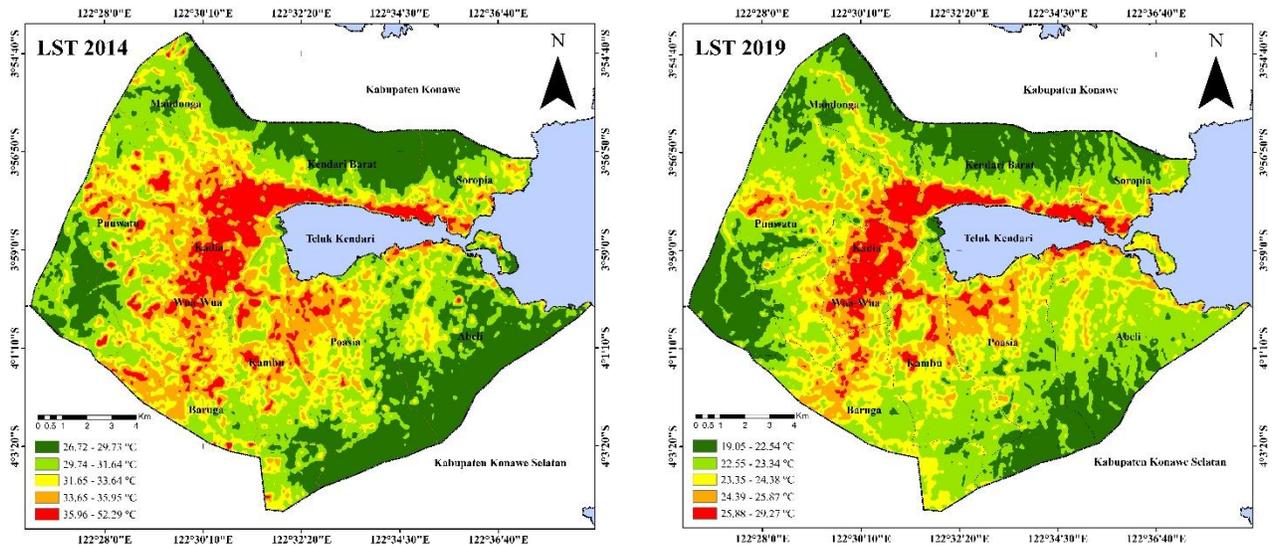
Berdasarkan peta distribusinya, LSE wilayah Kota Kendari pada tahun 2019 terpantau meningkat jika dibandingkan dengan LSE lima tahun sebelumnya di tahun 2014. Hal ini terjadi karena lahan-lahan terbuka pada tahun 2014 telah kembali bervegetasi di tahun 2019 akibat proses suksesi. Penurunan ataupun peningkatan emisivitas di wilayah *urban* erat kaitannya dengan tutupan lahannya. Permukaan dengan vegetasi penuh akan selalu memiliki nilai LSE lebih besar dibandingkan dengan permukaan yang kosong dan jarang ditanami [18], [6]. Pembukaan lahan baru, ataupun area terbangun akan menurunkan emisivitas permukaan tanahnya. Tidak hanya itu, pengurangan wilayah bervegetasi juga menjadi penyebab berkurangnya nilai LSE. Sehingga dengan

demikian, nilai LSE pada suatu wilayah *urban* sangat dipengaruhi oleh keberadaan vegetasinya [8] juga musim.

Berbeda dengan LSE, LST di Kota Kendari terpusat pada area-area *built-up*. Gambar 4 menunjukkan distribusi spasial LST yang terbentuk di wilayah Kota Kendari pada tahun 2014 dan tahun 2019. Nilai LST hasil kalkulasi dari persamaan (3) berkisar antara 26.72°C hingga 52.29°C untuk data tahun 2014 dengan rata-rata 31.74°C. Sedangkan untuk data tahun 2019 berkisar antara 19.05°C hingga 29.27°C dengan LST rata-rata 23.47°C. Jadi, selisih dari tahun 2014 ke 2019 sebesar 7°C.



Gambar 3. Distribusi LSE wilayah Kota Kendari



Gambar 4. Distribusi LST wilayah Kota Kendari

Kaitannya dengan temperatur, efek emisivitas dapat mempengaruhi nilai LST suatu wilayah. Pengaruh ini dapat menimbulkan kesalahan 0.2 hingga 1.2°K saat musim panas, dan 0.8 hingga 1.4°K di musim dingin [19], [15]. Oleh karena itu, LST yang dikalkulasi dari data TIRS multispektral *remote sensing* memerlukan pengukuran nilai emisivitas permukaan yang akurat [20], [15] sebab setidaknya ada tiga yang digeneralisasikan dari efek LSE, yakni: (1) emisivitas menyebabkan pengurangan pancaran yang dipancarkan permukaan, (2) permukaan non-hitam mencerminkan cahaya, dan (3) anisotropi reflektifitas dan emisivitas dapat mengurangi atau meningkatkan sinar total dari permukaan [21], [15]. Sedangkan, untuk mendapatkan estimasi kualitas LST yang cukup tinggi, diperlukan empat tahap proses koreksi: (1) *spectral radiance* harus dikonversi ke *at-sensor brightness temperature*, (2) koreksi atmosfer harus dilakukan untuk meminimalisir pengaruh atmosfer, (3) koreksi untuk emisivitas permukaan, dan (4) koreksi untuk kekasaran permukaan [22]. Bahkan menurut James A. Voogt pakar *urban climatology*, mentiadakan koreksi atmosfer dalam mengkalkulasikan temperatur, akan menyebabkan kesalahan 4 hingga 7°C ketika musim panas [23].

Efek kekasaran dari permukaan sebagaimana yang dijelaskan dalam [23] tidak kami perhitungkan pada penelitian ini. **Gambar 3** dan **Gambar 4** diatas masing-masing memperlihatkan kondisi LSE serta LST di wilayah Kota Kendari, terpantau bahwa area yang memiliki nilai LSE rendah akan membuat suatu wilayah bertemperatur tinggi. Skala warna merah pada **Gambar 4** menunjukkan LST tertinggi terjadi pada area-area dengan emisivitas rendah (**Gambar 3**). Temperatur permukaan ini selalu terkonsentrasi pada area-area seperti area terbangun (*built-up*), tanah gundul (*bare soil*), dan area dengan tingkat vegetasi jarang (NDVI < 0.2). Selain dari pada itu,

distribusi LST akan terus meningkat sejalan dengan padatnya penduduk suatu wilayah. Berdasarkan catatan BPS, luas wilayah Kota Kendari adalah 271.76 km<sup>2</sup> dan berpenduduk sebanyak 381,628 jiwa pada tahun 2018 [24]. Jumlah ini tentunya masih akan terus meningkat, sehingga distribusi LSE dan LST diperkirakan pun akan terus meluas ke wilayah lainnya, sebab wilayah *urban* sangat dipengaruhi oleh tingkat urbanisasi yang menyebabkan meningkatnya kebutuhan bangunan dan berdampak langsung kepada pengurangan area vegetasi yang dianggap berperan dalam mempengaruhi suhu permukaan, dan mampu menyerap radiasi [22].

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari kalkulasi NDVI baik dari tahun 2014 hingga tahun 2019, LSE di wilayah Kota Kendari masih cukup baik. Emisivitas yang diperoleh di wilayah ini rata-rata > 0.96 yang oleh [18] dinyatakan sebagai nilai emisivitas dari variasi area dengan tutupan vegetasi. Nilai tersebut juga didukung dengan nilai rata-rata NDVI > 0.5 yang diasumsikan sebagai area bervegetasi penuh [12]. Sedangkan hasil dari distribusi LST yang dipengaruhi oleh nilai LSE, nampak bahwa konsentrasi LST di Kota Kendari terkonsentrasi pada area-area *built-up*, *bare soil*, dan area-area dengan densitas vegetasi jarang. Kendatipun hasil LSE dan LST masih cukup baik dibandingkan dengan kota-kota besar di Indonesia lainnya, pencegahan pemanasan kota dengan cara menambah *biomassa* vegetasi dipertanian tetap harus terus diupayakan.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis berterima kasih kepada seluruh tim peneliti yang dan pihak-pihak terkait khususnya Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Halu Oleo.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. L. Li *et al.*, “Land surface emissivity retrieval from satellite data,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 34, no. 9–10, pp. 3084–3127, 2013.
- [2] J. A. Sobrino *et al.*, “Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors,” *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 46, no. 2, pp. 316–327, 2008.
- [3] J. Mallick, C. K. Singh, S. Shashtri, A. Rahman, and S. Mukherjee, “Land surface emissivity retrieval based on moisture index from LANDSAT TM satellite data over heterogeneous surfaces of Delhi city,” *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, vol. 19, no. 1, pp. 348–358, 2012.
- [4] Heshun Wang, Qing Xiao, Hua Li, Yongming Du, and Qinhuo Liu, “Investigating the Impact of Soil Moisture on Thermal Infrared Emissivity Using ASTER Data,” *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, vol. 12, no. 2, pp. 294–298, 2014.
- [5] M. Jin and S. Liang, “An Improved Land Surface Emissivity Parameter for Land Surface Models Using Global Remote Sensing Observations,” *J. Clim.*, vol. 19, no. 12, pp. 2867–2881, 2006.
- [6] T. Hu *et al.*, “Directional variation in surface emissivity inferred from the MYD21 product and its influence on estimated surface upwelling longwave radiation,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 228, no. April, pp. 45–60, 2019.
- [7] R. G. Vaughan, W. M. Calvin, and J. V. Taranik, “SEBASS hyperspectral thermal infrared data: Surface emissivity measurement and mineral mapping,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 85, no. 1, pp. 48–63, 2003.
- [8] W. C. Snyder, Z. Wan, Y. Zhang, and Y. Z. Feng, “Classification-based emissivity for land surface temperature measurement from space,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 19, no. 14, pp. 2753–2774, 1998.
- [9] A. A. Van de Griend and M. Owe, “On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces,” vol. 14, no. 16, pp. 1119–1131, 1993.
- [10] E. Valor and V. Caselles, “Mapping Land Surface Emissivity from NDVI: Application to European, African, and South American Areas,” *Environ. Earth Sci.*, vol. 57, pp. 167–184, 1996.
- [11] J. A. Sobrino and N. Raissouni, “Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring: Application to Morocco,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 21, no. 2, pp. 353–366, 2000.
- [12] J. A. Sobrino, J. C. Jiménez-Muñoz, and L. Paolini, “Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 90, no. 4, pp. 434–440, 2004.
- [13] D. Dissanayake, T. Morimoto, Y. Murayama, M. Ranagalage, and H. H. Handayani, “Impact of urban surface characteristics and socio-economic variables on the spatial variation of land surface temperature in Lagos City, Nigeria,” *Sustain.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–23, 2018.
- [14] B. L. Markham and J. L. Barker, “Spectral characterization of the LANDSAT Thematic Mapper sensors,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 6, pp. 697–716, 1985.
- [15] Q. Weng, D. Lu, and J. Schubring, “Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 89, no. 4, pp. 467–483, 2004.
- [16] Q. Weng and D. Lu, “A sub-pixel analysis of urbanization effect on land surface temperature and its interplay with impervious surface and vegetation coverage in Indianapolis, United States,” *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, vol. 10, no. 1, pp. 68–83, 2008.
- [17] R. C. Estoque, Y. Murayama, and S. W. Myint, “Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia,” *Sci. Total Environ.*, vol. 577, pp. 349–359, 2017.
- [18] F. Petitcolin, F. Nerry, and M. P. Stoll, “Mapping temperature independent spectral indice of emissivity and directional emissivity in AVHRR channels 4 and 5,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 23, no. 17, pp. 3473–3491, 2002.
- [19] P. Dash, F. M. Göttsche, F. S. Olesen, and H. Fischer, “Land surface temperature and emissivity estimation from passive sensor data: Theory and practice-current trends,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 23, no. 13, pp. 2563–2594, 2002.
- [20] V. Caselles, C. Coll, E. Valor, and E. Rubio, “Mapping land surface emissivity using AVHRR data application to La Mancha, Spain,” *Remote Sens. Rev.*, vol. 12, no. 3–4, pp. 311–333, 1995.
- [21] A. J. Prata, “Land surface temperatures derived from the advanced very high resolution radiometer and the along-track scanning radiometer: 1. Theory,” *J. Geophys. Res.*, vol. 98, no. D9, p. 16689, 1993.
- [22] J. A. Voogt and T. R. Oke, “Thermal remote sensing of urban climates,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 86, no. 3, pp. 370–384, 2003.
- [23] J. A. Voogt and T. R. Oke, “Effects of urban surface geometry on remotely-sensed surface temperature,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 19, no. 5, pp. 895–920, 1998.
- [24] BPS-Statistics of Kendari Municipality, *Kendari Municipality In Figures 2019*. Kendari: BPS-Statistics of Kendari Municipality, 2019.