



JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN
ISSN : 2085-2614; e-ISSN 2528 2654
JOURNAL HOMEPAGE : <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/RTP>



Distribusi Suhu Permukaan Menggunakan Pancaran Spektral dari Citra Satelit: Studi Kasus di Banda Aceh

Putra Arafat Taqwallah¹, Alia Rizki^{1,2}, Ichwana Ramli^{1,3,4*}

¹Program Studi Magister Pengelolaan Lingkungan, Gedung A Program Pascasarjana,
Universitas Syiah Kuala, Jl. Tgk. Chik Pante Kulu No. 5, Banda Aceh, Indonesia

²Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Syiah Kuala Banda Aceh, Indonesia

³Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda
Aceh, Indonesia.

⁴Pusat Penelitian Lingkungan Hidup dan Sumber Daya Alam (PPLH-SDA), Universitas
Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

*E-mail: ichwana.ramli@unsyiah.ac.id.

Abstrak

Tingginya angka urbanisasi akan berefek terhadap perubahan lahan. Jumlah bangunan yang meningkat dan kurangnya ruang terbuka hijau akan menghambat arah laju angin, sehingga menimbulkan ketidaknyamanan bagi masyarakat. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui distribusi suhu permukaan di kota Banda Aceh berdasarkan pancaran spektral citra landsat dari kerapatan vegetasi, jarak dari sungai dan *built up area*. Data suhu udara diperoleh menggunakan metode klasifikasi dari nilai *digital number* citra landsat ke *spektral radiance* kemudian di konversi menjadi suhu udara. Kerapatan *built-up area* dianalisis dari *Normalized Difference Vegetation Index* (NDBI) dan kerapatan vegetasi dianalisis dari *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Peta sebaran suhu udara dari citra dibagi menjadi 3 zona yang padat penduduk (*built up area*), vegetasi dan jarak dengan badan air untuk diukur langsung dilapangan. Suhu udara dari citra lansat 8 berkisar antara 22,32°C hingga 34,86°C. Pada zona yang jarak dari badan air 3.457 km, memiliki kerapatan vegetasi yang kurang (<0) dan built up area 0,16-0,23 memiliki suhu udara 31,96°C -32,45°C, sedangkan zona dengan jarak badan air sebesar 1.255 km dengan areal terbangun dibawah nol dan bervegetasi memiliki suhu 25,82°C-27,09°C. Berdasarkan parameter penggunaan ruang (vegetasi dan *built-up area*) dan jarak zona dengan badan air memiliki pengaruh terhadap distribusi suhu udara di kota Banda Aceh

Kata Kunci : citra satelit, *Spectral Radiance*, suhu

Surface Temperature Distribution Using Spectral Radiance from Satellite Imagery: A Case Study in Banda Aceh

Putra Arafat Taqwallah¹, Alia Rizki^{1,2}, Ichwana Ramli^{1,3,4*}

¹Department of Environmental Master's Program, Universitas Syiah Kuala,
Jl. Tgk. Chik Pante Kulu No. 5, Kopelma Darussalam, Banda Aceh, Indonesia

²Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Science, Universitas Syiah
Kuala, Indonesia

³Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural
Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia.

⁴Research Center for Environmental and Natural Resources, Universitas Syiah Kuala,
Banda Aceh, Indonesia

*E-mail: ichwana.ramli@unsyiah.ac.id.

Abstract

The high rate of urbanization will have an effect on land change. The increasing number of buildings and lack of green open space will hinder the direction of wind speed, cause inconvenience to the public. The purpose of this study was to determine the distribution of surface temperature in the city of Banda Aceh based on the spectral emission of Landsat images from vegetation density, distance from the river and built-up area. The air temperature data was obtained using the classification method from the digital number value of the Landsat image to the spectral radiance and then converted into air temperature. The density of the built-up area was analyzed from the Normalized Difference Vegetation Index (NDBI) and the density of the vegetation was analyzed from the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The air temperature distribution map from the image is divided into 3 zones that are densely populated (built up area), vegetation and distance to water bodies to be measured directly in the field. The air temperature from the Landsat 8 image ranged from 22.32°C to 34.86°C. In the zone with a distance of 3,457 km from a water body, with less vegetation density (<0) and a built-up area of 0.16-0.23 has a temperature of 31.96°C -32.45°C, while the zone with a water body distance of 1,255 km with a built-up area below zero and vegetation has a temperature of 25.82°C-27.09°C. Based on the parameters of space use (vegetation and built-up area) and the distance between the zone and the water body, it has an influence on the distribution of air temperature in the city of Banda Aceh.

Keywords: temperature, satellite imagery, *Spectral Radiance*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang pesat di perkotaan mengakibatkan kebutuhan akan lahan dan Gedung yang juga meningkat, sehingga terjadi perubahan penggunaan lahan. Urbanisasi mendorong perluasan daerah perkotaan dan menciptakan banyak bangunan bertingkat tinggi. Bangunan merupakan salah satu faktor penyebab temperatur panas perkotaan (Liang, Weihui Huang, Jianxiang Jones, Phil Wang, Qun Hang, 2018). Dengan urbanisasi di kota, perkotaan menjadi berkembang dari kepadatan rendah menjadi terdiversifikasi dan berkepadatan tinggi. Hal tersebut mempunyai pengaruh pada kondisi permukaan tanah, kinerja ventilasi dan perolehan panas sehingga

meningkatkan efek *Urban heat Island* (UHI) dan konsumsi energi bangunan (Zhou, Yan Zhuang, Zhi Yang, Feng Yu, Yao Xie, 2017).

Fenomena distribusi titik panas perkotaan yang disebut *Urban Heat Island* (UHI) ini menimbulkan dampak negatif bagi masyarakat yang tinggal di perkotaan. UHI pertama kali diidentifikasi oleh Luck Howard, seorang ahli meteorologi yang mengukur cuaca di daerah London selama empat puluh tahun, dari 1801 hingga 1841 (Taleghani, 2018). Faktor utama yang berkontribusi pada UHI adalah permukaan material yang luas (terutama aspal dan beton) dengan albedo rendah dan penerimaan panas tinggi, kurangnya area vegetasi yang membatasi naungan dan evapotranspirasi, bangunan tinggi dan jalan raya yang mengubah kecepatan angin secara keseluruhan dan menciptakan ngarai di daerah perkotaan, konsentrasi kegiatan pembangkit panas yang dilepaskan dari pembakaran bahan bakar (termasuk mobil), sistem pemanas, ventilasi dan pendingin udara (HVAC), serta proses antropogenik lainnya (Wang et al., 2016). Suhu udara yang terlalu tinggi dapat juga menyebabkan masalah kesehatan yang serius di masyarakat (Gu & Li, 2017), polutan tidak menyebar dengan benar dan meningkatkan efek gas rumah kaca di daerah perkotaan.

Fenomena tersebut dimulai dari transformasi penggunaan lahan di perkotaan yang awalnya hutan menjadi kawasan perumahan (Arie, 2012) yang dapat menyebabkan peningkatan suhu udara (Hari & Rizki, 2016). Disamping berkurangnya area vegetasi juga menjadi salah satu faktor utama dalam meningkatkan suhu udara perkotaan (Rosso, Federica Golasi et al., 2018). Populasi manusia terus berkembang dan ruang hijau alami di kota-kota secara bertahap berkurang, menyebabkan meningkatnya temperatur udara permukaan di perkotaan dibandingkan dengan daerah pedesaan di sekitarnya (Lazarova Vitanova and Kusaka, 2018). Permukaan yang sulit melepaskan panas yang diserap saat siang hari dan ini membuat UHI lebih kuat saat malam hari (Tong, Shanshan Wong, Nyuk Hien Jusuf, Steve Kardinal Tan, Chun Liang Wong, Hiu Fung Ignatius, Marcel Tan, 2018). Bangunan dan jalan merupakan bahan penutup permukaan yang banyak di perkotaan dan menyimpan sebagian besar panas (Dwivedi and Mohan, 2018). Desain perkotaan dan bangunan dianggap mempengaruhi iklim mikro perkotaan, dan generasi panas manusia antropogenik umumnya mengintensifkan perbedaan antara iklim mikro perkotaan dan pedesaan (Liang, Weihui Huang, Jianxiang Jones, Phil Wang, Qun Hang, 2018).

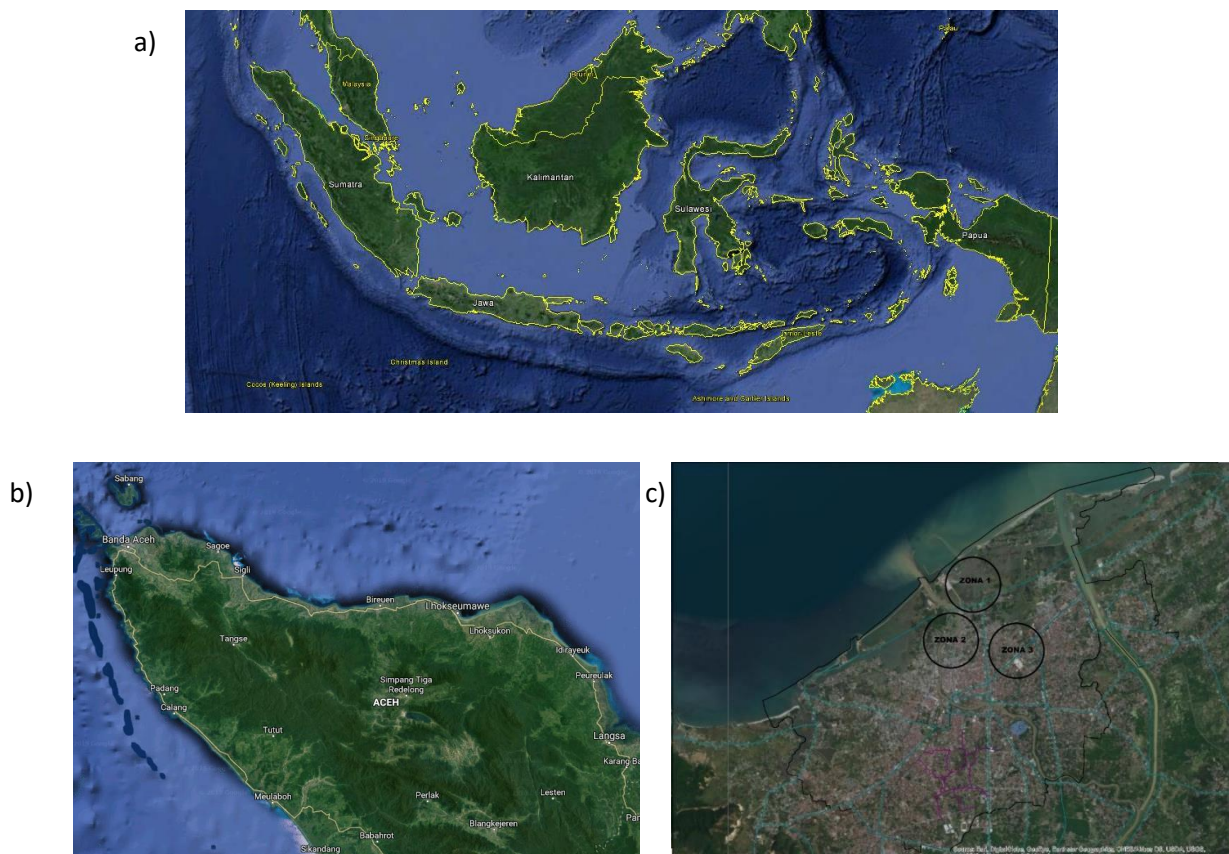
Faktor yang mempengaruhi suhu udara, yaitu penggunaan lahan, tutupan lahan, permukaan tanah, kelembaban, arah angin, kecepatan angin, dan panjang penerangan matahari. Untuk perkotaan sering berfokus pada skala intensitas suhu udara perkotaan, yang sering didefinisikan sebagai perbedaan antara suhu udara di luar kota dan daerah pedesaan di dekat daerah perkotaan. Model numerik telah populer dan model perkotaan telah diusulkan untuk mensimulasikan lingkungan panas perkotaan. Model ini memungkinkan penyelidikan sensitivitas suhu udara terhadap berbagai faktor seperti morfologi perkotaan, bahan permukaan, cakupan dan jenis vegetasi, dan aktivitas antropogenik (Gu & Li, 2017). Studi yang mengukur pengaruh geometri perkotaan terhadap iklim di kota-kota, biasanya menggunakan model atau program komputer untuk mensimulasikan skenario yang nyata dan hipotetis, terutama memeriksa berbagai situasi kepadatan perkotaan. Baru-baru ini, penelitian iklim yang terkait dengan lingkungan perkotaan telah menggunakan tiga jenis model: model berbasis numerik, fisik dan empiris (Nakata-Osaki, Souza and Rodrigues, 2018).

Suhu udara di kota Banda Aceh rata-rata 27°C dan pada tahun 2012 sampai 2015 (Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Banda Aceh, 2016). Peningkatan suhu udara akan berpengaruh pada mobilitas penduduk (Jamei, Remaz and Rajagopalan, 2017). Terlebih pada kota tropis, pada saat siang kondisi yang sangat panas sehingga

Kawasan perkotaan mengurangi tingkat kenyamanan masyarakat (Jamei, Remaz and Rajagopalan, 2017). Pola spasial dan temporal suhu permukaan di kota Banda Aceh telah meningkat sebesar $5,9^{\circ}\text{C}$ dari tahun 1998-2018 akibat perubahan kawasan terbangun, vegetasi, badan air, lahan kosong dan lahan basah (Ashfa, *et.al.*, 2019). Suhu udara di kota Banda Aceh telah meningkat. Sehingga perlu dipertimbangkan dalam proses perencanaan kota dalam upaya mengoptimalkan ruang terbuka hijau di kota Banda Aceh. Oleh karena itu pada penelitian ini untuk mengetahui distribusi suhu permukaan di kota Banda Aceh menggunakan data spectral citra.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Banda Aceh, merupakan ibu kota Provinsi Aceh yang mempunyai luas wilayah sebesar 0,1% dari total luas lahan Provinsi Aceh. Terletak di pulau Sumatera, secara geografis terletak antara $05^{\circ}16'15'' - 05^{\circ}36'16''$ LU dan $95^{\circ}16'15'' - 95^{\circ}22'35''$ BT dengan ketinggian rata-rata 0,80 meter di atas permukaan laut (Gambar 1). Data suhu yang diperoleh dengan nilai Digital Number (DN) menggunakan band 10 dan 11 untuk citra Landsat 8 (Hari and Rizki, 2016). Pertama, pencarian satelit Landsat 8 band 10 dan 11, kemudian diproses untuk melihat sebaran suhu lokasi penelitian. Peta sebaran kemudian dibagi di beberapa zona lokasi sesuai suhu. Pengukuran langsung di zona uji dilakukan untuk melihat suhu saat ini dan menganalisis hubungan antara penggunaan pola ruang ke suhu udara. Terakhir, data yang diperoleh dari satelit dibandingkan dengan data pengukuran langsung.



Gambar 1. a) Peta Indonesia, b) Peta Aceh, and c) Peta Banda Aceh

Data primer adalah data yang diperoleh berdasarkan data di lapangan tempat penelitian ini dilakukan. Dalam penelitian ini, data primer yang dikumpulkan adalah suhu, kecepatan angin, arah angin, data kelembapan udara, tekanan udara, dan zona. Data sekunder yang merupakan data yang diperoleh dari studi literatur, penelitian sebelumnya dan data tertulis lainnya yang diperoleh dari instansi pemerintah dan swasta terkait penelitian ini adalah Citra satelit Landsat Banda Aceh 8 BAND 10 dan 11, arah dan kecepatan angin, tekanan udara, dan kelembapan udara. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Gis Arc tipe 10.4, Thermo-hygrometer, Anemometer, dan GPS. Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data suhu dari citra satelit dan data pengukuran di area pengambilan sampel.

Pengolahan Gambar Landsat 8

Pengolahan Citra Satelit Landsat-8 dilakukan untuk mendapatkan informasi suhu di Banda Aceh. Saluran yang digunakan untuk mendapatkan nilai adalah saluran 10 dan 11. Data dimasukkan dalam *Graphics Format Tiff* menggunakan perangkat lunak Arc Gis 10.4 dan menghasilkan data ekstensi (*ers*) di media penyimpanan. Koreksi geometrik dan radiometrik dilakukan untuk menghilangkan pengaruh shift sehingga kualitas gambar dapat ditingkatkan dan dapat digunakan lebih lanjut. Koreksi geometris terdiri dari dua tahap, yaitu transformasi geometris dan *resampling*. *Resampling* yang digunakan adalah *resampling* tetangga terdekat, sampai menghasilkan nilai RMS (*Root Mean Square Error*) yang lebih kecil dari 1. Koreksi radiometri yang dilakukan adalah mengubah nilai digital yang terpengaruh oleh atmosfer.

Konversi Radiance Spectral ke suhu.

Spectral Radiance di Landsat 8 *thermal band* (band 10.11) dapat dikonversi menjadi suhu. Konversi persamaan spektral menjadi suhu :

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)}$$

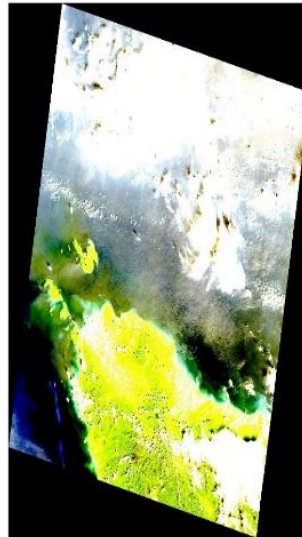
Dimana T, K1, K2, dan $L\lambda$ dalah suhu (K), nilai konstan (W), nilai konstan Kelvin, dan *radiant spectral* ($W/m^2 * srad * \mu m$).

Penentuan lokasi wilayah pengukun suhu di lapangan pada penelitian dilakukan berdasarkan keluaran data temperatur pada citra satelit, jumlah suhu yang sangat banyak kemudian dipilih beberapa suhu paling dominan dan paling banyak muncul disuatu lokasi. wilayah yang menunjukkan titik panas yang berbeda dengan daerah sekitarnya di bentuk polygon wilayah dengan wilayah sekitarnya yang memiliki temperatur yang berbeda yang selanjutnya menjadi zona 1, 2 dan 3. Selanjutnya diklasifikasikan Zona 1 merupakan wilayah yang memiliki temperatur ketiga tertinggi pada hasil citra satelit, Zona 2, wilayah yang memiliki temperatur kedua tertinggi pada hasil citra satelit dan Zona 3 adalah wilayah yang memiliki temperature tertinggi pada hasil citra satelit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

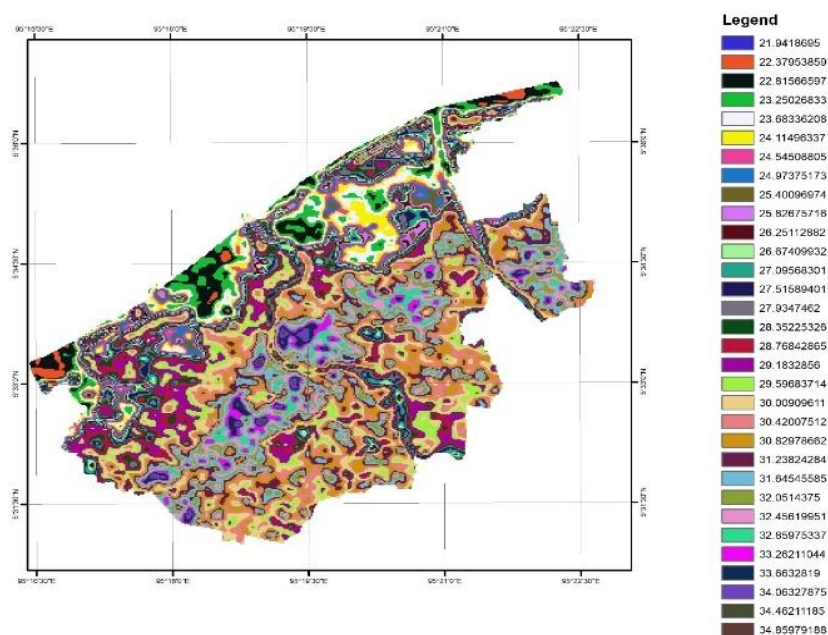
Data citra satelit yang diambil pada 15 Juni 2018 (Gambar 2), diproses menggunakan aplikasi Arc Gis untuk mendapatkan titik observasi. Skema klasifikasi tutupan lahan disebut dan terdiri dari 3 tutupan lahan seperti: vegetasi, area terbangun, dan badan air (Jhonnerie et al., 2015). Kanal yang digunakan untuk memperoleh nilai temperature adalah kanal 11(inframerah termal) yang memiliki panjang gelombang 10,60-11,19 μm . Import Data Data Citra Satelit Landsat-8 yang masih berupa data

mentah (*raw data*) diolah menjadi suatu bentuk data yang lebih informatif dan dapat diinterpretasikan.



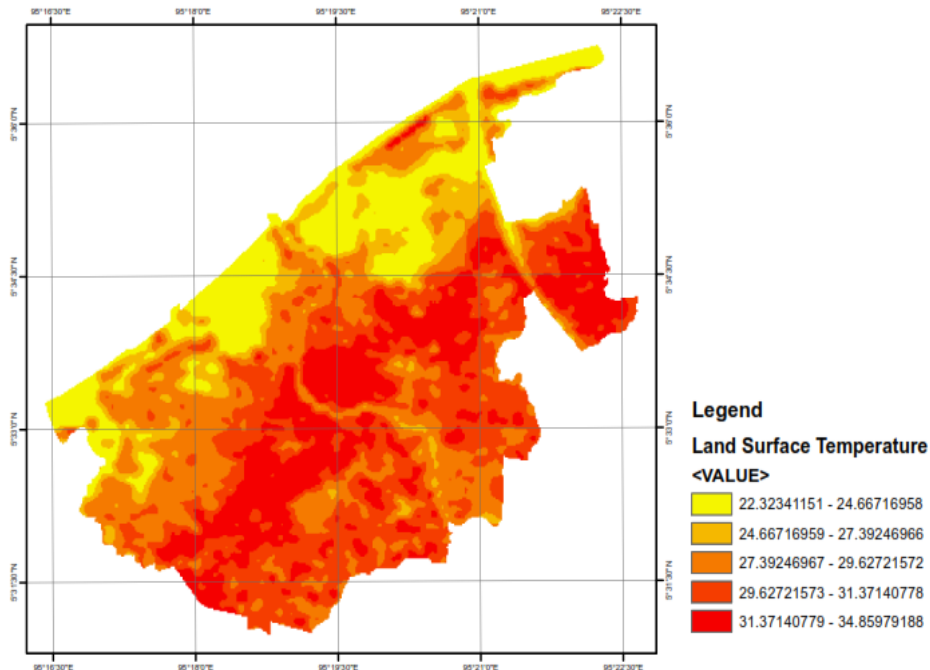
Gambar 2. Angka Satelit Landsat 8, 15 Juni 2018 USGS.GOV

Hasil pengolahan data rekaman gambar satelit Landsat 8 band 11 pada 15 Juni 2018 jalur/baris: 129/59 terdapat perbedaan warna di beberapa titik wilayah yang menunjukkan ada perbedaan nilai suhu (Gambar 3). Perbedaan nilai pada setiap piksel data Citra Satelit Landsat 8 membentuk pola distribusi suhu permukaan sebagai dampak dari penggunaan ruang di wilayah Kota Banda Aceh. Suhu maksimum adalah 34.85°C dan suhu minimum adalah 21.94°C .



Gambar 3. Peta Distribusi Suhu Banda Aceh

Klasifikasi suhu permukaan yang terdapat pada wilayah Banda Aceh kemudian dibagi dalam 5 kelas yang dan ditampilkan melalui warna yang merepresentasikan setiap kelas dari data suhu masing-masing hasil dari pengolahan data Citra Satelit Landsat-8. Perbedaan warna suhu di beberapa titik lokasi di Kota Banda Aceh, nilai suhu yang lebih rendah diwakili oleh warna kuning cerah (22°C sampai dengan 24°C) Nilai suhu terendah yang berwarna kuning tersebar didaerah perbatasan kota yang berbatasan langsung dengan pantai (Gambar 4). Hal ini menunjukkan peran badan air yang mampu menurunkan suhu udara di daerah tersebut. Nilai suhu yang paling tinggi diwakili oleh warna merah (31°C sampai dengan 34°C). Nilai suhu tertinggi terletak di pusat kota dan pemukiman yang terletak agak jauh dari badan air baik itu pantai maupun sungai.



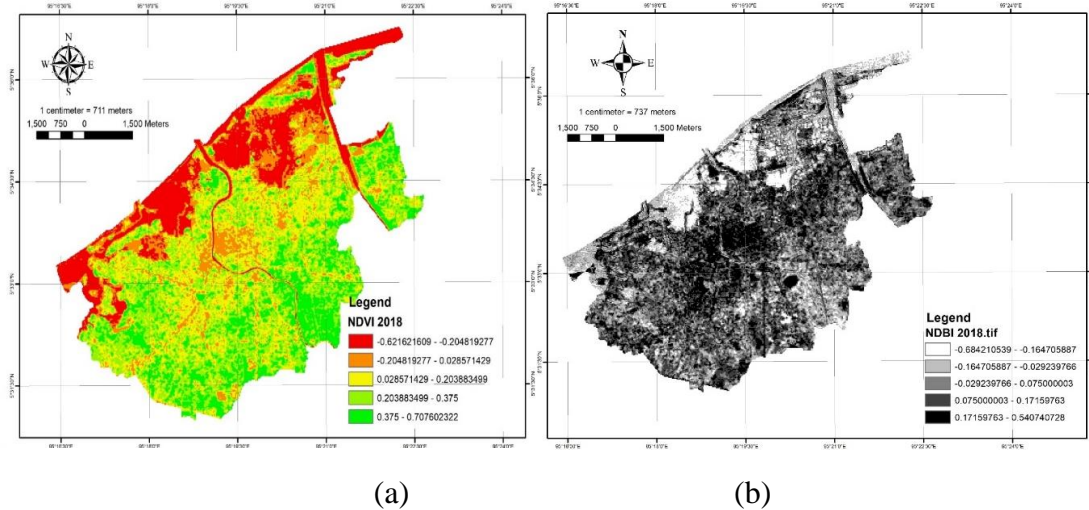
Gambar 4. Klasifikasi Sebaran Suhu di Kota Banda Aceh

Nilai suhu dominan diwakili oleh warna orange (27°C sampai dengan 29°C). Nilai suhu ini paling banyak muncul di kota Banda Aceh, hal ini dikarenakan letak daerah yang berwarna orange ini sedikit lebih dekat dengan badan air baik itu pantai atau pun sungai hal lain yang mempengaruhi daerah ini berwarna orange adalah keberadaan daerah hijau atau vegetasi yang masih sangat rapat dikawasan tersebut.

Kerapatan vegetasi yang baik akan menunjukkan nilai dari 0 sampai 1, sedangkan daerah yang memiliki vegetasi yang buruh akan menunjukkan nilai dibawah 0. Dari hasil pengolahan citra diperoleh nilai NDVI kota Banda Aceh masih sangat baik berkisar 0,2-0,7 yang terlihat pada warna hijau pada peta, meskipun di beberapa titik di pusat kota dan sekitar pantai bernilai -0,06 sampai dengan -0,02 yang ditunjukkan dengan warna merah (Gambar 5). Daerah perkotaan, secara signifikan, lebih hangat daripada daerah pedesaan sekitarnya (Ahmed, 2017). UHI merupakan contoh degradasi lingkungan dan mengarah pada dampak buruk pada kesehatan manusia, diperkirakan akan memperburuk lingkungan di tahun-tahun mendatang (Kikon *et al.*, 2016).

Kerapatan area keras (built-up area) baik itu bangunan maupun aspal disuatu wilayah dengan menggunakan citra satelit, suatu wilayah yang memiliki kerapatan area keras yang rapat akan menunjukkan nilai dari 0,07 sampai 0,5, sedangkan daerah yang memiliki area keras yang tidak rapat akan menunjukkan nilai dibawah 0. Dari hasil

pengolahan citra ditemukan bahwa nilai NDBI kota banda aceh sangat rapat, dimana sebagian besar memiliki 0,07 sampai 0,5 yang ditunjukkan oleh warna hitam pada peta, artinya memiliki kerapatan area keras, meskipun di beberapa titik di pusat kota dan disekitar pantai memperoleh skor -0,6 sampai dengan -0,02 yang ditunjukkan pada peta dengan warna putih. (Gambar 5). Dari nilai tempeatur, NDVI dan NDBI maka ditentukan zona berdasarkan kriteria jarak dengan badan air, temperature, vegetasi dan area terbangun (table 1).



Gambar 5. Peta sebaran NDVI (a) dan NDBI (b) Kota Banda Aceh

Tabel 1. Klasifikasi identifikasi zona berdasarkan nilai temperature, NDVI dan NDBI

Zona	Jarak Dengan Badan Air	Temperature Permukaan(°C)	Vegetasi	Area Terbangun
Zona 1	1255 Meter	25,82 - 27,09	-0,13 - -0,00	-0,34 - -0,23
Zona 2	2420 Meter	29,59 - 30,42	0,09 - 0,19	0,05 - 0,10
Zona 3	3457 Meter	31,96 - 32,45	0,37 - 0,48	0,16 - 0,23

Variasi penggunaan lahan bagi penduduk menyebabkan perubahan besar dalam pola *spasial temporal* dari *Urban Heat Island* (UHI) karena hilangnya badan air dan daerah vegetasi (Kikon *et al.*, 2016). Pola penggunaan lahan/perubahan penutup (LUCC), misalnya komposisi vegetasi, air dan daerah terbangun dan perubahannya, baik perluasan horisontal maupun vertikal, jarak antara bangunan, bahan bangunan, lokasi tempat umum, penghentian bus, stasiun kereta api, hub industri besar dan kecil, sangat berpengaruh pada intensitas *Urban Heat Island* (UHI) (Pal and Ziaul, 2017). Kondisi lahan pada perkotaan dapat memiliki dampak yang sangat besar pada iklim dan lingkungan lokal (Arsiso *et al.*, 2018). Beberapa hasil studi dari para peneliti menunjukkan adanya perubahan penggunaan lahan/*land cover change* (LULC) berpengaruh signifikan terhadap perubahan temperatur udara di daerah perkotaan (Hari and Rizki, 2016).

Secara umum, zona 2 dan 3 tidak menunjukkan perbedaan yang terlalu besar antara nilai suhu yang diperoleh oleh citra satelit dan pengukuran langsung di lokasi

penelitian (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa citra satelit dapat digunakan untuk mengukur suhu di wilayah tersebut. Namun, di zona 1, citra satelit menghasilkan nilai suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan pengukuran langsung di lokasi penelitian. Kemungkinan, ini dipengaruhi oleh karakteristik zona 1 yang memiliki tingkat penggunaan lahan yang lebih kecil daripada di zona 2 dan 3. Berdasarkan penggunaan ruang menggunakan data citra satelit, diperoleh bahwa faktor penggunaan lahan mempengaruhi distribusi suhu udara. Daerah dengan penggunaan lahan sebagai area keras memiliki suhu udara yang lebih tinggi dibandingkan daerah yang masih memiliki area hijau yang cukup. Perbedaan ini juga disebabkan oleh waktu pengambilan data yang berbeda. Seperti yang umumnya diketahui, suhu rendah di pagi hari dan di malam hari, dan naik di siang hari.

Tabel 2. Perbandingan data suhu udara dari citra satelit dan data pengukuran di lokasi penelitian.

No.	Zona	Sumber		
		Posisi	Temperatur dari Citra Satelit	Temperatur Pengukuran
1.	Zona 1	05°34'55.04"N95°19'53.97"E	26,45	30,85
2.	Zona 2	05°34'55.04"N95°20'29.85"E	30,01	31,29
3.	Zona 3	05°33'52.40"N95°20'29.85"E	32,2	31,64

KESIMPULAN

Distribusi Suhu udara dengan menggunakan pancaran spectral citra berkisar antara 22,32°C dan 34,86°C. Peta sebaran temperature dari citra diklasifikasi berdasarkan nilai NDVI dan NDBI sehingga dibagi dalam 3 zona. Suhu udara pada zona berkisar 31.96°C -32.45°C, suhu pada zona 2 berkisar 29,59 °C - 30,42 °C dan zona 1 berkisar 25.82°C-27.09°C. Berdasarkan parameter Penggunaan ruang (vegetasi dan built-up area) dan jarak zona dengan badan air memiliki pengaruh terhadap distribusi suhu udara. Pengukuran langsung suhu udara pada zona 1 memiliki nilai lebih tinggi dari temperature dari citra satelit sedangkan zona 2 dan 3 tidak terjadi perbedaan yang tinggi. Daerah dengan penggunaan lahan sebagai area keras/built-up area memiliki suhu udara yang lebih tinggi dibandingkan daerah yang masih memiliki area hijau yang cukup di kota Banda Aceh.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, A., Sari, L. H., & Ramli, I. (2019). A study of urban heat island of Banda Aceh City, Indonesia based on land use/cover changes and land surface temperature. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 8(1), pp. 41–51.
- Ahmed, S. (2017). Assessment of urban heat islands and impact of climate change on socioeconomic over Suez Governorate using remote sensing and GIS techniques. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science. National Authority for Remote Sensing and Space Sciences*, 21(1), pp. 15–25. doi: 10.1016/j.ejrs.2017.08.001.
- Arie, F. C. (2012). Sebaran temperatur permukaan lahan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya di kota Malang. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi*

- Prasarana Wilayah*, 23–34. doi: 10.1016/j.pce.2018.02.009.
- Arsiso, B. K. et al. (2018). Influence of urbanization-driven land use/cover change on climate: The case of Addis Ababa, Ethiopia. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, (February). doi: 10.1016/j.pce.2018.02.009.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Banda Aceh. (2016). *Statistik Banda Aceh 2016*. pp. 16–18.
- Dwivedi, A. & Mohan, B. (2018). Impact of green roof on micro climate to reduce Urban Heat Island. *Remote Sensing Applications: Society and Environment. Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.rsase.2018.01.003.
- Gu, Y., & Li, D. (2017). A modeling study of the sensitivity of urban heat islands to precipitation at climate scales. *Urban Climate*, 0–1. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.12.001>.
- Hari, D., & Rizki, B. (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/10.1016/j.sbspro.2016.06.066>.
- Jhonnerie, R. et al. (2015). Random forest classification for mangrove land cover mapping using Landsat 5 TM and ALOS PALSAR imageries. *Procedia Environmental Sciences. Elsevier B.V.*, 24, pp. 215–221. doi: 10.1016/j.proenv.2015.03.028.
- Kikon, N. et al. (2016). Assessment of urban heat islands (UHI) of Noida City, India using multi-temporal satellite data. *Sustainable Cities and Society. Elsevier B.V.*, 22, pp. 19–28. doi: 10.1016/j.scs.2016.01.005.
- Lazarova, V. L., & Kusaka, H. (2018). Title: Study on the Urban Heat Island in Sofia City: Numerical Simulations with Potential Natural Vegetation and Present Land Use Data. *Sustainable Cities and Society. Elsevier B.V.*, 17. doi: 10.1016/j.scs.2018.03.012.
- Liang, Huang, W., Jones, J., Wang, P., Hang, Q.J. (2018). A zonal model for assessing street canyon air temperature of high-density cities. *Building and Environment*, 132, pp. 160–169. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.01.035>.
- Nakata-Osaki, C. M., Souza, L. C. L. & Rodrigues, D. S. (2018). THIS – Tool for Heat Island Simulation: A GIS extension model to calculate urban heat island intensity based on urban geometry. *Computers, Environment and Urban Systems. Elsevier*, 67, pp. 157–168. doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2017.09.007.
- Pal, S. & Ziaul, S. (2017). Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science. *National Authority for Remote Sensing and Space Sciences*, 20(1), pp. 125–145. doi: 10.1016/j.ejrs.2016.11.003.
- Rosso, F.G, Castaldo, I., Piselli, V. L., Pisello, C., Salata, A. L., Ferrero, F., Cotana, M., Franco de Lieto Vollaro, A. (2018). On the impact of innovative materials on outdoor thermal comfort of pedestrians in historical urban canyons. *Renewable Energy*, 118, 825–839. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.11.074>
- Taleghani, M. (2018). Outdoor thermal comfort by different heat mitigation strategies- A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2011–2018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.010>
- Tong, Wong, S., Jusuf, N. H., Tan, S. K., Wong, C. L., Ignatius, H.F., & Tan, M. E. (2018) Study on correlation between air temperature and urban morphology parameters in built environment in northern China. *Building and Environment. Elsevier*, 127, pp. 239–249. doi: 10.1016/j.buildenv.2017.11.013.
- Wang, Y., Berardi, U., & Akbari, H. (2016). Comparing the effects of urban heat island

mitigation strategies for Toronto, Canada. *Energy and Buildings, 114*, 2–19.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.046>

Zhou., Zhuang, Y., Yang, Z., Yu, F., Xie, Y. X. (2017). Urban morphology on heat island and building energy consumption. *Procedia Engineering, 205*, pp. 2401–2406. doi: 10.1016/j.proeng.2017.09.862.