

PEMANFAATAN CITRA PENGINDERAN JAUH MULTI-TEMPORAL UNTUK DETEKSI *URBAN HEAT ISLAND* (UHI) TERHADAP PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DI KABUPATEN BULELENG

(The Application of Multi-Temporal Remote Sensing Images to Detect Urban Heat Island (UHI) for Land use Changes in Buleleng District)

A Sediyo Adi Nugraha dan Dewa Made Atmaja

Program Studi Pendidikan Geografi, Jurusan Geografi, Fakultas Hukum dan Ilmu Sosial,
Universitas Pendidikan Ganesha
Jalan Udayana No.11 Singaraja, Bali, Indonesia.
E-mail: adi.nugraha@undiksha.ac.id

Diterima: 3 Februari 2020; Direvisi: 19 Maret 2020; Disetujui untuk Dipublikasikan: 6 Oktober 2020

ABSTRAK

Fenomena *Urban Heat Island* (UHI) sering dipengaruhi oleh kepadatan penduduk dan perubahan penggunaan lahan. Perubahan tersebut memiliki hubungan dengan peningkatan suhu permukaan (*Land Surface Temperature/LST*) sebagai awal terjadinya UHI. Deteksi perubahan penggunaan lahan dan suhu permukaan dilakukan dari tahun 2000, 2010, dan 2018 pada daerah Kabupaten Buleleng dan berfokus di Kecamatan Buleleng karena memiliki perubahan lahan terbangun lebih cepat dibandingkan kecamatan lain. Tujuannya untuk mengetahui bagaimana fenomena UHI itu terjadi akibat dari perubahan penggunaan lahan. Selain itu, seberapa besar peningkatan suhu permukaan selama 18 tahun khususnya di Kecamatan Buleleng dengan mengetahui kondisi sebaran dan intensitas UHI. Metode yang digunakan dalam deteksi UHI menggunakan citra penginderaan jauh multi-temporal yaitu citra Landsat 7 ETM+ dan citra Landsat 8 OLI/TIRS (*The Operational Land Imager and the Thermal Infrared Scanner*) sebagai data primer. Pengolahan data akan berfokus pada ekstraksi suhu permukaan dengan metode *Split-Windows Algorithm Sobrino* (SWA-S) untuk Landsat 8 dan metode *Brightness Temperature Emissivity Correction* untuk Landsat 7, kemudian *Maximum Likelihood* sebagai metode deteksi perubahan penggunaan lahan. Hasil pengolahan menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan memberikan dampak terhadap fenomena UHI. Perubahan penggunaan lahan dari tahun 2000 hingga 2018 terdapat peningkatan lahan terbangun di Kecamatan Buleleng dan peningkatan suhu permukaan sebesar 2°-7°C dari lahan terbangun. Fenomena UHI untuk distribusi dan intensitas UHI terjadi di daerah pusat perkotaan dan kenaikan intensitas UHI sebesar 1.75°C. Kesimpulannya bahwa perubahan lahan terbangun memberikan dampak kenaikan suhu permukaan dan menyebabkan fenomena UHI.

Kata kunci: UHI, Citra Landsat, Suhu Permukaan, Distribusi UHI, Intensitas UHI

ABSTRACT

The Urban Heat Island (UHI) phenomenon is often affected by population density and land use changes. These changes have a bearing on increasing Land Surface Temperature (LST) as the beginning of UHI. Detection of changes in land use and LST occurred in the year 2000, 2010, and 2018 in Buleleng district and is focused on Buleleng growth because it has a change of land to build faster than other sub-districts. The aim is to find out how the UHI phenomenon occurred as a result of changes in land use. Moreover, how much increased LST over 18 years especially in Buleleng sub-district by knowing the extent of the distribution and intensity of UHI. The methods used in UHI detection use multi-temporal imaging images of Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI/TIRS (The Operational Land Imager and the Thermal Infrared Scanner) as primary data. Data processing focuses on LST extraction by Split-Windows Algorithm Sobrino (SWA-S) for Landsat 8 OLI/TIRS and Brightness Temperature method correction for Landsat 7 ETM+, then maximum likelihood as a land-use classification method. Processing results show that changes in land use are affecting the UHI phenomenon. Land use changes from 2000 to have increased land growth in Buleleng sub-district and increased LST by 2-7°C from arable land. The UHI phenomenon for distribution and intensity of UHI occurred in urban central areas and increased UHI intensity by 1,75°C. It was concluded that the change in land use affected the raising LST and caused the UHI phenomenon.

Keyword: UHI, Landsat Image, LST, Distribution UHI, Intensity UHI

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang meningkat akibat adanya kegiatan seperti pendidikan,

pekerjaan, maupun perdagangan memberi dampak negatif terhadap perubahan penggunaan lahan. Seiring dengan pertumbuhan penduduk maka alih fungsi lahan akan meningkat dan menyebabkan

perubahan lahan pertanian menjadi non-pertanian (Iyengar, 2003; Bakker et al., 2014). Perubahan alih fungsi lahan tersebut mampu menyebabkan perubahan kondisi lingkungan di area tersebut seperti suhu permukaan. Peningkatan suhu permukaan pada area perkotaan yang didominasi oleh permukiman mampu menciptakan kondisi iklim mikro di area tersebut (Baik et al., 2007). Suhu perkotaan yang meningkat memberikan perbedaan suhu terhadap area di sekitarnya, kejadian perbedaan suhu itu disebut *Urban Heat Island* (UHI) (Magee et al., 1999; Pinho and Orgaz, 2000; Oke, 2002). Fenomena UHI dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya; perubahan penggunaan lahan, vegetasi yang minim di area perkotaan, dan peningkatan suhu permukaan. Penyebab lain dapat dikarenakan peningkatan jumlah kendaraan bermotor, terjadinya peningkatan pertumbuhan penduduk akibat urbanisasi akan memicu kebutuhan perumahan yang meningkat (Fawzi & Naharil M, 2013). Terdapat perbedaan suhu antara daerah urban dengan sekitarnya berkisar pada antara 5-10°C pada siang hari dan 10-15°C pada malam hari kondisi itu dipengaruhi dari kondisi musim yang terjadi (Voogt & Oke, 2003).

Fenomena UHI yang terjadi pada daerah urban dapat dibedakan dari tipe UHI yaitu *Surface Urban Heat Island* dan *Atmospheric Urban Heat Island* dengan karakteristik berbeda baik untuk pengukuran metode, dampak, maupun cara identifikasi (Roth et al., 1989). Kemampuan untuk melakukan identifikasi apakah suatu daerah telah terjadi UHI dapat menggunakan bantuan teknologi penginderaan jauh. Salah satu metode dalam penginderaan jauh mampu mengidentifikasi UHI dengan tipe *surface urban heat island*. Kemampuan itu dapat dideteksi dengan bantuan citra penginderaan jauh yang memiliki sensor thermal pada saluran tertentu seperti; Landsat (*Land Satellite*), ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*), dan MODIS (*Moderate Imaging Spectroradiometer*) (Delarizka dkk, 2016; Fawzi, 2017). Perkembangan penggunaan data penginderaan jauh dalam identifikasi fenomena iklim dilakukan untuk analisis awan kemudian berkembang hingga mampu melakukan identifikasi suhu permukaan yang berkaitan dengan perubahan fenomena alam serta analisis indeks vegetasi (Adiningsih, 2014).

Pendekatan dalam identifikasi UHI melalui citra Landsat akan dilakukan secara temporal di Kabupaten Buleleng dan berfokus pada Kecamatan

Buleleng dari tahun 2000 hingga 2018, supaya dapat diketahui peningkatan kenaikan suhu permukaan dan perkembangan pola wilayah dan juga perubahan penggunaan lahan (Tursilowati et al., 2015) yang terjadi selama kurun waktu tersebut. Ekstraksi suhu permukaan dilakukan pada setiap tahun dengan kondisi pemilihan citra bersih dari awan ataupun kenampakan awan kurang dari 30%. Ekstraksi informasi menggunakan metode LST (*Land Surface Temperature*). Pengembangan ekstraksi suhu permukaan (LST) telah dikembangkan untuk berbagai jenis citra penginderaan jauh dan masih belum terlalu banyak melihat kondisi secara temporal terhadap fenomena UHI. (Li and Becker, 1993; Wan et al., 2004; Rozenstein et al., 2014; Nugraha, 2019) Pemanfaatan penginderaan jauh sebagai media dalam identifikasi UHI menjadi dasar perencanaan wilayah ataupun peningkatan RTH (Ruang Terbuka Hijau). Selain itu kondisi temporal menunjukkan pola wilayah yang berkembang ataupun melihat beberapa penggunaan lahan yang berperan paling besar dalam terjadinya UHI.

Perkembangan wilayah yang telah terjadi di Kabupaten Buleleng, khususnya daerah yang sedang berkembang, seperti Singaraja sebagai daerah pendidikan maupun Gilimanuk sebagai daerah pelabuhan yang menghubungkan provinsi Bali dengan provinsi Jawa Timur. Singaraja merupakan daerah yang sedang berkembang, dengan adanya faktor pendidikan sebagai daya tarik masyarakat untuk datang dan menetap sementara, baik sebagai pekerja maupun berdagang. Kondisi yang terus meningkat tersebut membuat Singaraja memiliki perkembangan yang lebih pesat dibandingkan daerah lain di kabupaten Buleleng. Hal ini terlihat pada jumlah penduduk yang selalu meningkat setiap tahun (**Tabel 1**). Sisi yang lain Kabupaten Buleleng memiliki kondisi topografi yang lengkap karena jarak antara pantai dan pegunungan sangat dekat, hal itu mungkin dapat menjadi salah satu faktor pemicu awal fenomena UHI yang terjadi dan diikuti banyaknya perubahan penggunaan lahan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemantauan perkembangan wilayah berbasis UHI secara temporal dan memperlihatkan tingkat kenaikan suhu permukaan di kawasan permukiman dan perubahan penggunaan lahan melalui teknologi penginderaan jauh supaya tingkat kenyamanan di Singaraja masih terjaga.

Tabel 1. Jumlah Penduduk Kabupaten Buleleng.

	Tahun (Ribuan Jiwa)					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Jumlah Penduduk	634,30	638,30	642,30	646,20	650,10	653,60

Sumber: BPS Kab. Buleleng, 2016

METODE

Ekstraksi Land Surface Temperature

Landsat 7 ETM+

Citra Penginderaan jauh untuk Landsat 7 ETM+ menggunakan band 6.2 (*Thermal infrared*)/(*high gain*) (10,31-12,36 μm) karena memiliki representatif hasil suhu permukaan di lapangan (Coll, et al., 2010; Nugroho, 2011). Proses pengolahan yang perlu dilakukan sebelum menentukan suhu permukaan ialah proses koreksi radiometrik (Robert, 2007) mulai dari *radiance* dan *atmospheric*. Metode yang digunakan untuk proses *at-surface radiance* mengacu pada Chander et al. (2009) dan USGS (2010) seperti ditunjukkan pada **Persamaan 1** di bawah ini.

$$L_{\lambda} = G_{rescale} \times Q_{cal} + B_{rescale} \dots\dots\dots (1)$$

di mana:

L_{λ} = nilai spectral radiance citra
[W/(m².sr.μm)]

Q_{cal} = nilai piksel citra [DN]

$G_{rescale}$ = nilai spesifik gain faktor
[(W/(m².sr.μm))/DN]

$B_{rescale}$ = nilai spesifik bias factor [W/(m².sr.μm)]

Nilai untuk $G_{rescale}$ dan $B_{rescale}$ menggunakan nilai yang telah ditentukan dari penelitian Chander et al. (2009). Dilanjutkan pengolahan kondisi atmosfer menggunakan perhitungan *Atmospheric Correction Parameters Calculator* yang dikembangkan oleh NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) secara gratis pada website <http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>. Input yang digunakan sebagai parameter ialah tanggal, bulan, waktu perekaman citra Landsat 7 ETM+ selanjutnya nilai tersebut menghasilkan profil atmosfer saat perekaman dengan asumsi kondisi atmosfer saat itu dapat di meminimalisir sehingga hasil perhitungan menghasilkan nilai *downwelling*, *upwelling*, dan *Transmitte*. Ketiga nilai itu kemudian digunakan pada **Persamaan 2** yang dikembangkan oleh Coll et al. (2010) seperti yang ditunjukkan di bawah ini:

$$L_{sensor,\lambda} = \frac{L_{\lambda} - L_{\uparrow atm}}{\epsilon \tau} - \frac{1 - \epsilon}{\epsilon} L_{\downarrow atm} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

L_{sensor} = nilai spectral radiance citra
[W/(m².sr.μm)]

ϵ = emisivitas permukaan

$L_{\uparrow atm}$ = nilai *upwelling* radiansi atmosfer
[W/(m².sr.μm)]

$L_{\downarrow atm}$ = nilai *downwelling* radiansi atmosfer
[W/(m².sr.μm)]

τ = nilai transmisi atmosfer

Pengolahan suhu permukaan pada band 6.2 menggunakan **Persamaan 3** dengan input nilai adalah hasil koreksi atmosfer yang dilakukan pada **Persamaan 2**. Algoritma yang digunakan untuk

perolehan suhu permukaan pada **Persamaan 3** merupakan metode yang ada pada USGS (2010) dan merupakan nilai dari suhu kecerahan (*Brightness Temperature*) bukan merupakan nilai dari suhu permukaan dari objek itu sendiri.

$$T_{rad} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{sensor,\lambda}} + 1\right)} \dots\dots\dots (3)$$

di mana:

T_{rad} = suhu radian dalam satuan Kelvin (K).

L_{sensor} = nilai spectral radian terkoreksi atmosfer.

K_1 = konstanta kalibrasi radian spektral band 6 [W/(m².sr.μm)].

K_2 = konstanta kalibrasi suhu absolut (K) band 6 [W/(m².sr.μm)].

Perolehan suhu permukaan objek berasal dari hasil *Brightness Temperature* dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Artis and Carnahan (1982) dengan mempertimbangkan kondisi emisivitas permukaan pada objek vegetasi dan non-vegetasi. **Persamaan 4** merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh suhu permukaan khususnya untuk citra Landsat 7 ETM+.

$$T_s = \frac{T_B}{1 + \left(\frac{\lambda T_B}{\alpha_0}\right) \ln \epsilon} \dots\dots\dots (4)$$

di mana:

T_s = suhu permukaan terkoreksi (K).

T_B = suhu kecerahan (K)

λ = panjang gelombang untuk deteksi radiasi ($\lambda = 11.5 \mu\text{m}$)

$\alpha_0 = h c \sigma^{-1}$ (1.438 x 10⁻² m K)

ϵ = emisivitas permukaan

Perolehan data untuk α_0 merupakan kombinasi dari nilai h (konstanta *Planck's*) = 6.626x10⁻³⁴ J s; nilai c (*light velocity*) = 2.998x10⁸ ms⁻¹; dan nilai σ^{-1} (konstanta *Stefan Boltzman's*) = 1.381x10⁻²³ J K⁻¹.

Landsat 8 OLI/TIRS

Perolehan data untuk citra Landsat 8 OLI/TIRS (*The Operational Land Imager and the Thermal Infrared Scanner*) memiliki kemiripan dengan proses yang telah dilakukan oleh citra Landsat 7 ETM+. Perbedaannya ialah pada Landsat 8 OLI/TIRS band yang digunakan ialah band 10 dan band 11 untuk memperoleh hasil akhir suhu permukaan. Metode yang digunakan mulai dari **Persamaan 1**, **Persamaan 2**, dan **Persamaan 3** wajib dilakukan kemudian untuk melakukan perhitungan suhu permukaan objek menggunakan **Persamaan 5** yang merupakan pengembangan dari penelitian Sobrino et al. (2003). Ekstraksi suhu permukaan itu memiliki perbedaan dengan ekstraksi yang dikembangkan oleh Qin et al. (2001) seperti pada penelitian Nugraha (2019).

$$LST = TB_{10} + C_1(TB_{10} - TB_{11}) + C_2(TB_{10} - TB_{11})^2 + C_0 + (C_3 + C_4W)(1 - m) + (C_5 + C_6W)\Delta m \dots\dots\dots (5)$$

di mana:

- $T_{B_{10}}$ dan $T_{B_{11}}$ = suhu permukaan (*Brightness Temperature*) band 10 dan band 11 (K)
- $C_0 - C_6$ = koefisien nilai *Split-windows* berdasarkan **Tabel 2**.
- Δm = perbedaan nilai *Land Surface Emissivity* (LSE)
- m = nilai rata-rata LSE
- w = nilai uap air atmosfer

Tabel 2. Nilai koefisien *Split-Windows*.

Konstanta	Nilai
C_0	-0.268
C_1	1.378
C_2	0.183
C_3	54.300
C_4	-2.238
C_5	-129.200
C_6	16.400

Sumber: Sobrino et al., 1996; 2003; Zhao et al., 2009; Skokovic et al., 2014

Hasil peroleh suhu permukaan untuk Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TIRS memiliki satuan derajat Kelvin (K) dan perlu dirubah menjadi satuan derajat Celcius (C). Hal itu dilakukan supaya dalam pengolahan UHI nilai derajat Celcius lebih representatif sebagai input untuk menghasilkan peta UHI.

Perubahan Penggunaan Lahan

Metode untuk ekstraksi informasi perubahan penggunaan lahan pada citra Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TIRS menggunakan metode Klasifikasi Multispektral yaitu *Maximum Likelihood*. Klasifikasi tersebut merupakan klasifikasi terbimbing dimana kelas untuk penggunaan lahan ditentukan oleh peneliti. Kelas Penggunaan lahan yang digunakan ialah lahan terbangun dan non-terbangun. Lahan terbangun merupakan lahan yang terdapat bangunan secara fisik seperti permukiman tempat tinggal maupun area industry dan perkantoran. Sedangkan area non-terbangun merupakan lahan yang tidak memiliki bangunan.

Pengujian kelas penggunaan lahan dilakukan dengan table matrik kesalahan yang dikembangkan oleh Congalton (1991). Teknik pengambilan sampel menggunakan pertimbangan tingkat akurasi dengan formula yang dikembangkan oleh Jensen JR (2005) sehingga jumlah sampel yang digunakan ialah 50 sampel. Selain itu *Maximum Likelihood* memiliki presentasi hasil yang lebih tinggi >80% dibandingkan metode klasifikasi multispektral yang lain khususnya pada daerah heterogen seperti di Kabupaten Buleleng (Ahmad & Quegan, 2013; Al-Ahmadi & Hames, 2009; Septiani et al., 2019). Perubahan penggunaan lahan berfokus pada lahan permukiman sebagai identifikasi untuk kenampakan UHI di wilayah Kabupaten Buleleng.

Urban Heat Island

Pengukuran UHI dengan menggunakan citra penginderaan jauh merupakan kenampakan UHI yang berada di daerah permukaan bukan kenampakan mengenai kondisi atmosfer (U.S. Environmental Protection Agency, 2008). Fawzi (2017) menjelaskan pula bahwa untuk mempresentasikan metode UHI dengan citra penginderaan jauh diperlukan penurunan informasi dari UHI supaya suhu permukaan yang diperoleh mampu mempresentasikan kondisi UHI di daerah perkotaan.

Penelitian ini berfokus pada UHI permukaan sehingga diperlukan metode yang tepat untuk mempresentasikan hasil suhu permukaan menjadi peta UHI. Ma et al. (2010) menyampaikan mengenai metode yang mampu membedakan fenomena UHI yang ada di perkotaan dengan di pinggiran dengan **Persamaan 6** dan **Persamaan 7** di bawah ini:

$$T > \mu + 0.5\alpha \dots\dots\dots(6)$$

$$0 < T \leq \mu + 0.5\alpha \dots\dots\dots(7)$$

di mana:

- μ = nilai rata-rata suhu permukaan (K)
- α = standar deviasi suhu permukaan (K)

Perhitungan yang digunakan untuk memperoleh fenomena UHI belum mampu mempresentasikan kondisi suhu permukaan sehingga dilakukan pengembangan metode yang dilakukan oleh Rajasekar & Weng (2009) yang mengadopsi dari metode yang terlebih dahulu dilakukan oleh Ma et al. (2010). Peta UHI dapat direpresentasikan dengan menggunakan **Persamaan 8** sehingga suhu permukaan mampu membedakan fenomena UHI lebih representatif.

$$UHI = T_{mean} - (\mu + 0.5\alpha) \dots\dots\dots(8)$$

di mana:

- T_{mean} = Suhu permukaan (K)
- μ = nilai rata-rata suhu permukaan (K)
- α = standar deviasi suhu permukaan (K)

Intesitas UHI dalam penelitian ini menggunakan metode yang dikembangkan oleh Xu et al. (2013) menggunakan **Persamaan 9** untuk mengetahui efek yang ditimbulkan oleh UHI melalui suhu relatif yang dihasilkan oleh citra penginderaan jauh. Alur penelitian dapat dilihat pada diagram alir (**Gambar 1**) untuk memperjelas langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam penelitian ini.

$$T_r = \frac{T_s - \bar{T}_s}{\bar{T}_s} T_r = \frac{T_s - \bar{T}_s}{\bar{T}_s} \dots\dots\dots(9)$$

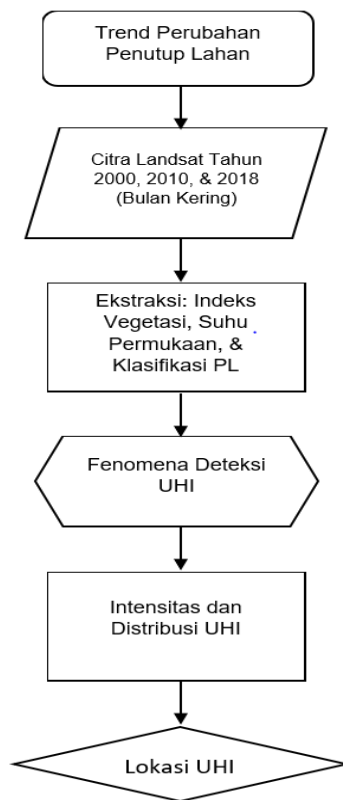
di mana:

- T_r = nilai relatif suhu permukaan (C)
- T_s = suhu permukaan (C)
- \bar{T}_s = nilai rata-rata suhu permukaan (C)

Tabel 3. Klasifikasi Intensitas UHI

Relatif LST	Intensitas UHI
<0	Daerah sekitar Perkotaan UHI
≥0	

Sumber: Xu et al., 2013; Tsou et al., 2017



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Land Surface Temperature

Metode pengolahan suhu permukaan yang dilakukan untuk Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TIRS memiliki perbedaan terhadap algoritma yang digunakan (Nugraha et al., 2019). Seperti pada Landsat 8 OLI/TIRS menggunakan dua band dalam pengolahan dan berbeda dengan Landsat 7 ETM+ yang hanya menggunakan *single* band sebagai *input* untuk suhu permukaan (Nugraha et al., 2019). Hasil suhu permukaan pada Landsat 7 ETM+ dengan metode yang dikembangkan oleh Artis & Carnahan, (1982) menunjukkan peningkatan pada tahun 2000 ke 2010 (**Tabel 4**). Pada Landsat 8 OLI/TIRS suhu permukaan yang dihasilkan terus meningkat dibandingkan pada hasil citra Landsat 7 ETM+ sebelumnya.

Tabel 4. Nilai Suhu Permukaan Citra Landsat 7 ETM+ dan Citra Landsat 8 OLI/TIRS.

Tahun	Bulan	Nilai (C)		
		Min	Max	Mean
L7-2000	Juli	23	63	42
L7-2010	Maret	29	66	47
L8-2018	Oktober	29	76	51

Sumber: Pengolahan Data, 2019.

Perolehan hasil suhu permukaan untuk kedua citra Landsat dengan menggunakan **Persamaan 4** dan **Persamaan 5** memiliki input serupa yang berasal dari penerapan indeks vegetasi sebagai nilai emisivitas. Indeks vegetasi yang digunakan ialah NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) (Huete et al., 2002) untuk membedakan kondisi vegetasi dan non-vegetasi. Nilai untuk kenampakan vegetasi yang digunakan ialah nilai maksimum yang dihasilkan yaitu 0.97 dan nilai untuk kenampakan non-vegetasi mengambil nilai 0.0 (asumsi bahwa kenampakan dibawah itu bukan kenampakan vegetasi/tanah) (Sobrino et al., 2001; Li et al., 2004; Tursilowati et al., 2015) Nilai emisivitas yang dihasilkan memiliki range 0.97 – 0.98 untuk Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TIRS. Validasi dalam pengukuran suhu permukaan untuk UHI dilakukan dengan survey lapangan dengan kondisi dilakukan ketika citra penginderaan jauh melakukan perekaman di lokasi tersebut (Kuenzer et al., 2015). Pengukuran suhu permukaan memiliki batas waktu toleransi untuk dilakuka pengukuran suhu permukaan sebesar 3-4 jam setelah satelit melewati lokasi (Sabins, 2007). Hasil pengukuran suhu permukaan menggunakan citra Landsat 8 OLI/TIRS karena untuk citra Landsat 7 ETM+ tidak memungkinkan dilakukan pengukuran dilapangan.

Nilai suhu permukaan yang ditunjukkan pada **Tabel 4** merupakan nilai untuk wilayah Kabupaten Buleleng (**Gambar 2**). Peningkatan suhu rerata yang dihasilkan dalam penelitian sebesar $\pm 5^{\circ}\text{C}$ berbeda dengan penelitian Srivanit et al. (2012) dimana peningkatan suhu permukaan rerata terjadi dalam waktu 15 tahun hanya meningkat 2°C . Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi dari beberapa faktor dan variabel seperti perubahan lahan.

Pengolahan suhu permukaan untuk citra penginderaan jauh tidak dapat mengambil bersamaan dengan waktu perekaman, karena kondisi tutupan awan. Pada suhu maksimum mengalami peningkatan pada daerah perkotaan (**Tabel 5**) hingga perbukitan yang didominasi oleh kenampakan batuan breksi dengan sedikit vegetasi yang berada di wilayah barat Kabupaten Buleleng. Pengolahan suhu permukaan dilakukan dengan kondisi kenampakan awan dan bayangan telah dihilangkan secara teknis, tetapi pengaruh awan dan bayangan itu sendiri tidak sepenuhnya hilang dan memiliki pengaruh dengan hasil pengolahan suhu permukaan. Pengaruh tersebut akan berdampak kepada UHI karena hasil yang diperoleh masih dipengaruhi dari kenampakan awan dan itu memberikan peningkatan dan pengurangan suhu permukaan yang ada di sekitarnya (Huang et al., 2016; Levermore et al., 2017; Fawzi, 2017). Kenampakan suhu permukaan yang ditunjukkan pada **Gambar 2**, persebaran suhu permukaan maksimum berada di sepanjang daerah dataran dekat pantai dan daerah berbukit. Citra Landsat 7 ETM+ tahun 2010 memiliki kenampakan yang tidak optimal berasal dari optik citra Landsat 7 ETM+

(Gambar 2b) dan tidak dilakukan proses koreksi *stripping* karena memberikan dampak terhadap nilai suhu permukaan dan menyebabkan perbedaan nilai yang tinggi.

Cakupan nilai suhu permukaan yang dihasilkan terhadap objek dengan metode yang digunakan memiliki korelasi yang positif karena suhu aktual (T_{kin}) dan suhu perekaman (T_{rad}) citra yang dihasilkan lebih tinggi untuk daerah permukiman dibandingkan dengan area vegetasi di sekitarnya (Fawzi & Jatmiko, 2015; Tsou et al., 2017). Fenomena UHI lebih terfokus pada daerah padat permukiman atau perkotaan di Kabupaten Buleleng yaitu Kecamatan Buleleng. Hal ini dapat memperjelas perubahan penggunaan lahan dan keterkaitan dengan UHI.

Perubahan Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan pada daerah Kabupaten Buleleng khususnya Kecamatan Buleleng dibedakan menjadi daerah terbangun dan non-terbangun. Hal itu dimaksudkan supaya terlihat perkembangan wilayah terbangun terhadap UHI dengan suhu permukaan yang dihasilkan. Perkembangan wilayah terbangun terus meningkat di Kecamatan Buleleng dari tahun 2000 ke 2010 tetapi terdapat pengurangan jumlah area total karena pada tahun 2010 citra Landsat 7 ETM+ mengalami kerusakan sensor dan terus bertambah hingga tahun 2018 sebesar 1,3% dari tahun 2000 (Tabel 5).

Perkembangan wilayah dari tahun 2000 ke 2018 mengalami peningkatan kearah barat dan selatan (Gambar 3). Hal itu terjadi karena wilayah Kecamatan Buleleng dilalui oleh jalur perlintasan yang menghubungkan wilayah Kabupaten di

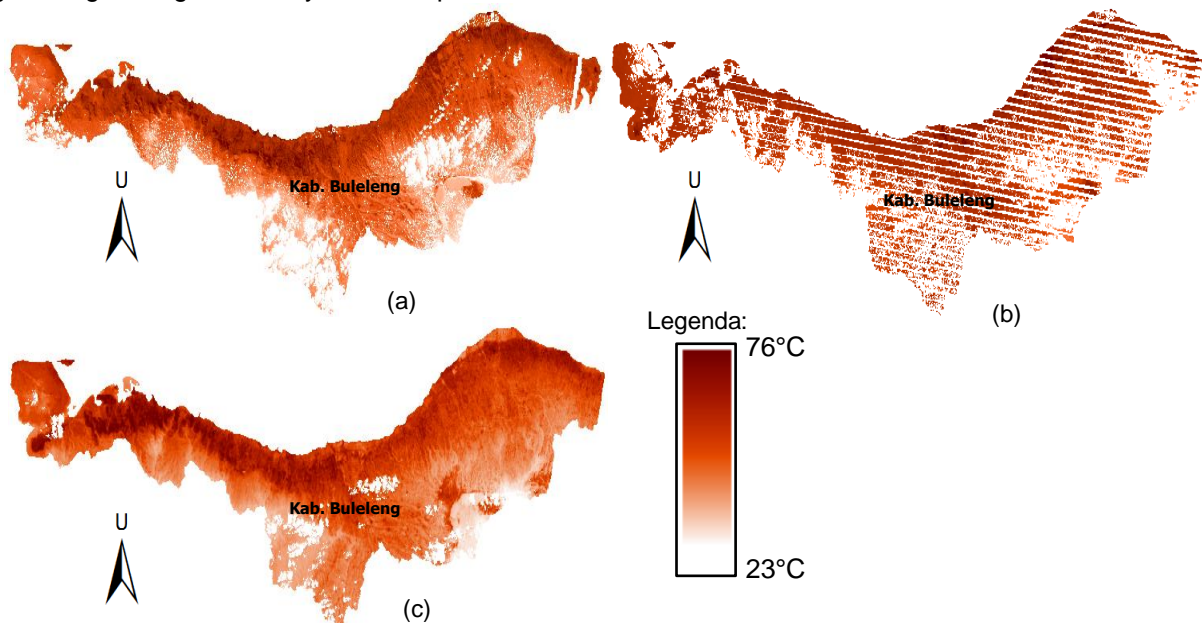
sebelahnya yaitu Kabupaten Jembrana di wilayah barat dan Kabupaten Tabanan dan Kota Denpasar di wilayah selatan. Tahun 2018 wilayah yang berkembang berada di wilayah sekitar pusat pemerintahan sehingga menyebabkan banyak perubahan penggunaan lahan dari tahun 2000 ke 2018.

Tabel 5. Perubahan Penggunaan Lahan Kecamatan Buleleng.

Tahun	Bulan	Penggunaan Lahan (Hectare)		Suhu Daerah Terbangun (C)
		Terbangun	Non-Terbangun	
L7-2000	Juli	1.874	2.746	52 - 59
L7-2010	Maret	1.503	1.494	58 - 65
L8-2018	Oktober	2.448	2.177	60 - 69

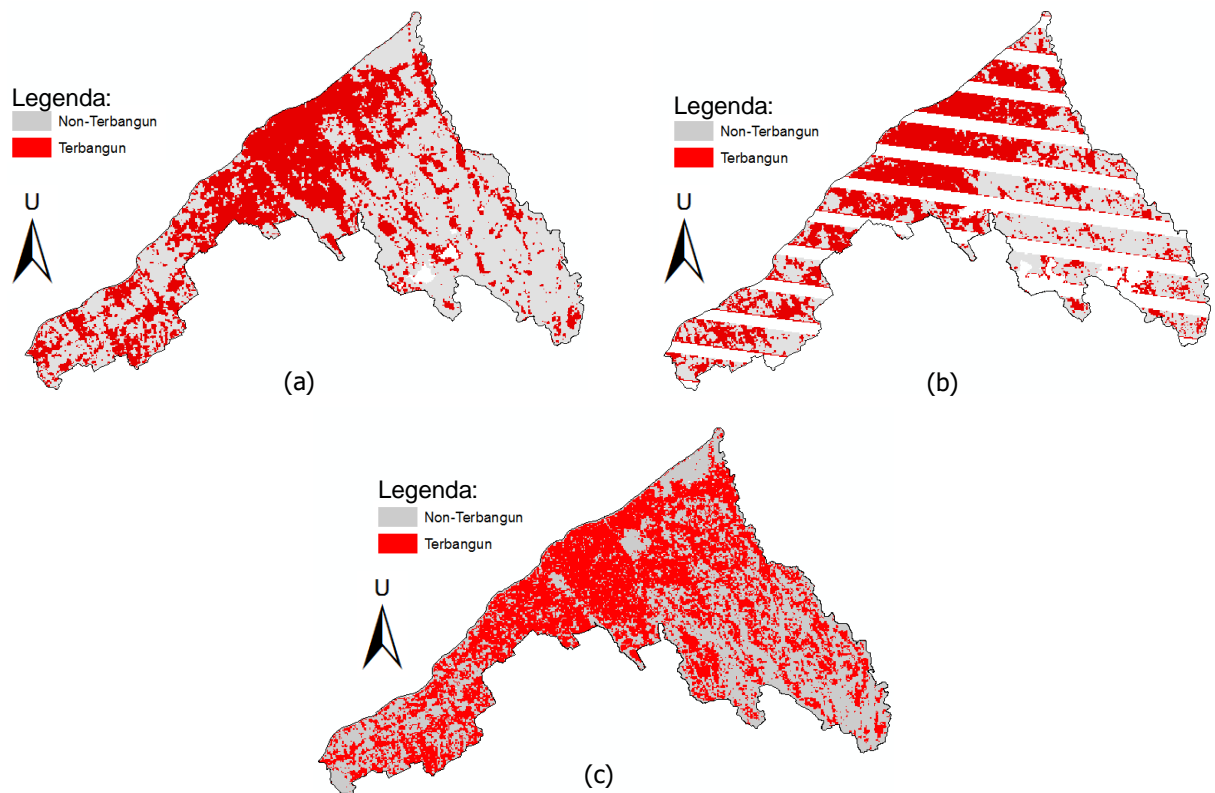
Sumber: Pengolahan Data, 2019.

Suhu permukaan untuk wilayah terbangun terus meningkat dari tahun 2000 hingga 2018. Kenaikan suhu yang terjadi akibat dari perubahan penggunaan lahan khususnya daerah terbangun tahun 2000 hingga 2018 sebesar $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Peningkatan tersebut sesuai dengan penelitian (Qian et al., 2006) dimana kondisi petambakan penduduk akan meningkatkan kondisi suhu permukaan hingga 4°C . Selain itu penelitian dos Santos et al. (2017) menunjukkan bahwa peningkatan suhu permukaan untuk wilayah terbangun sebesar $2^{\circ}\text{-}7^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan kondisi penelitian sebelumnya kenaikan suhu permukaan akibat peningkatan lahan terbangun masih relevan.



Sumber: Pengolahan Data Tahun 2019

Gambar 2. (a) Suhu Permukaan Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2000, (b) Suhu Permukaan Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2010, dan (c) Suhu Permukaan Citra Landsat 8 OLI/TIRS Tahun 2018



Sumber: Pengolahan Data Tahun, 2019

Gambar 3. (a) Penggunaan Lahan Kecamatan Buleleng Tahun 2000 (Landsat 7 ETM+), (b) Penggunaan Lahan Kecamatan Buleleng Tahun 2010 (Landsat 7 ETM+), dan (c) Penggunaan Lahan Kecamatan Buleleng Tahun 2018 (Landsat 8 OLI/TIRS).

Wilayah terbangun di Kecamatan Buleleng khususnya Singaraja memiliki perkembangan infrastruktur yang berkelanjutan dengan didukung adanya Universitas Negeri sebagai pilar pendidikan dan daya tarik masyarakat di luar Kabupaten Buleleng untuk datang (**Tabel 1**), sehingga menyebabkan perkembangan infrastruktur meningkat. Oleh karena itu, terdapat beberapa lokasi yang tetap dipertahankan untuk tidak dilakukan perubahan lahan khususnya untuk permukiman supaya Kecamatan Buleleng memiliki kondisi Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang tidak hanya mempergunakan taman kota tetapi juga lahan di area sekitar tempat ibadah serta lahan permukiman yang tidak terpakai sehingga dapat mempertahankan kondisi suhu yang ada tetap stabil (Susca et al., 2011; Alves & Lopes, 2017; Fawzi, 2017). Selain itu peningkatan suhu dapat dipengaruhi dari jarak antar permukiman yang dapat lebih cepat meningkatkan suhu di sekitarnya dibandingkan daerah yang memiliki jarak antar bangunan (U.S. Environmental Protection Agency, 2008).

Analisis Urban Heat Island (UHI)

Deteksi mengenai UHI dilakukan menggunakan **Persamaan 6** dan **Persamaan 7** untuk memperoleh nilai ambang batas suhu untuk wilayah Kabupaten Buleleng dan juga Kecamatan Buleleng sebagai pusat perekonomian (**Tabel 6**). Perolehan nilai ambang batas dibedakan menjadi

dua yaitu Kabupaten Buleleng secara luas dan Kecamatan Buleleng yang merupakan pusat pemerintahan. Hal itu dilakukan untuk mengetahui perbedaan bagaimana fenomena UHI antara daerah dengan area sempit di perkotaan dengan area yang luas. Karena area luas memiliki kondisi kenampakan indeks vegetasi yang lebih dominan dan itu dapat memberikan pengaruh penurunan terhadap UHI (Colunga et al., 2015; Coutts et al., 2016).

Tabel 6. Nilai Ambang Batas UHI (°C) citra Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TIRS.

Tahun	Bulan	Nilai Ambang Batas (°C)	
		Kab. Buleleng	Kec. Buleleng
L7-2000	Juli	45	48
L7-2010	Maret	49	56
L8-2018	Oktober	56	59

Sumber: Pengolahan Data, 2019.

Nilai ambang batas terlihat berbeda antara Kabupaten dengan Kecamatan, hal itu menunjukkan bahwa area memiliki pengaruh terhadap penentuan nilai ambang batas suatu daerah terhadap fenomena UHI (Streutker, 2003). Hal itu menunjukkan kesamaan dengan penelitian yang dikemukakan oleh Colunga et al. (2015) dan Mindali et al. (2015) dimana ruang terbuka yang luas akan memberikan efek penurunan terhadap dampak UHI. Keterkaitan **Tabel 5** dengan **Tabel 6**

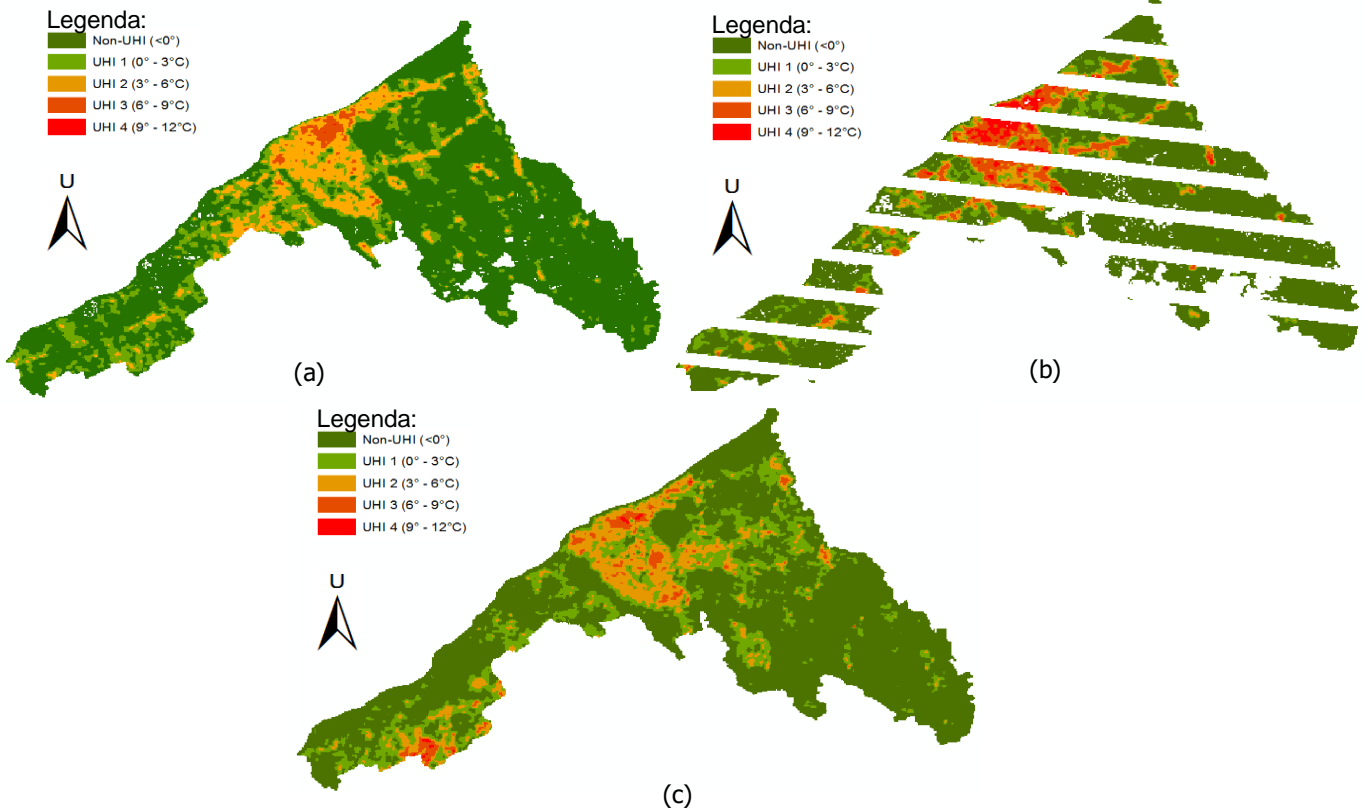
dapat dinyatakan wilayah terbangun merupakan wilayah yang terdampak UHI karena memiliki nilai yang melebihi ambang batas. Kondisi itu membuktikan bahwa perubahan penggunaan lahan terutama di wilayah Kecamatan Buleleng memiliki peran terhadap peningkatan suhu permukaan.

Distribusi UHI dilakukan supaya fenomena UHI yang diperoleh dari citra penginderaan jauh mampu dideteksi dan dikelompokkan berdasarkan tingkat tinggi-rendahnya nilai suhu yang dihasilkan (Xu et al., 2011; Fawzi, 2017). Pola distribusi UHI dapat dilihat melalui **Gambar 4**. Distribusi UHI terbagi menjadi 5 kelas dengan kelas tertinggi berada di pusat Kecamatan Buleleng sedangkan daerah non-UHI hampir berada di sebagian besar wilayah Kecamatan Buleleng. Daerah non-UHI merupakan wilayah yang tidak mengalami fenomena UHI karena tidak adanya perubahan lahan (lahan terbangun relative rendah) yang menyebabkan itu terjadi. Pola yang dihasilkan memiliki perbedaan dengan pola yang ditunjukkan pada **Gambar 3**. Daerah terbangun tidak seluruhnya merupakan daerah terdampak UHI dan UHI dominan terjadi di daerah pusat pemerintahan. Hal itu menunjukkan bahwa RTH disekitar daerah permukiman memiliki dampak terhadap penurunan UHI sebanyak 2°C - 4°C (Susca et al., 2011; Colunga et al., 2015; Wang & Akbari, 2016).

Pola yang dihasilkan dari **Gambar 4** terlihat bahwa pada tahun 2018 dengan citra Landsat 8 OLI/TIRS memiliki penurunan dengan kondisi UHI

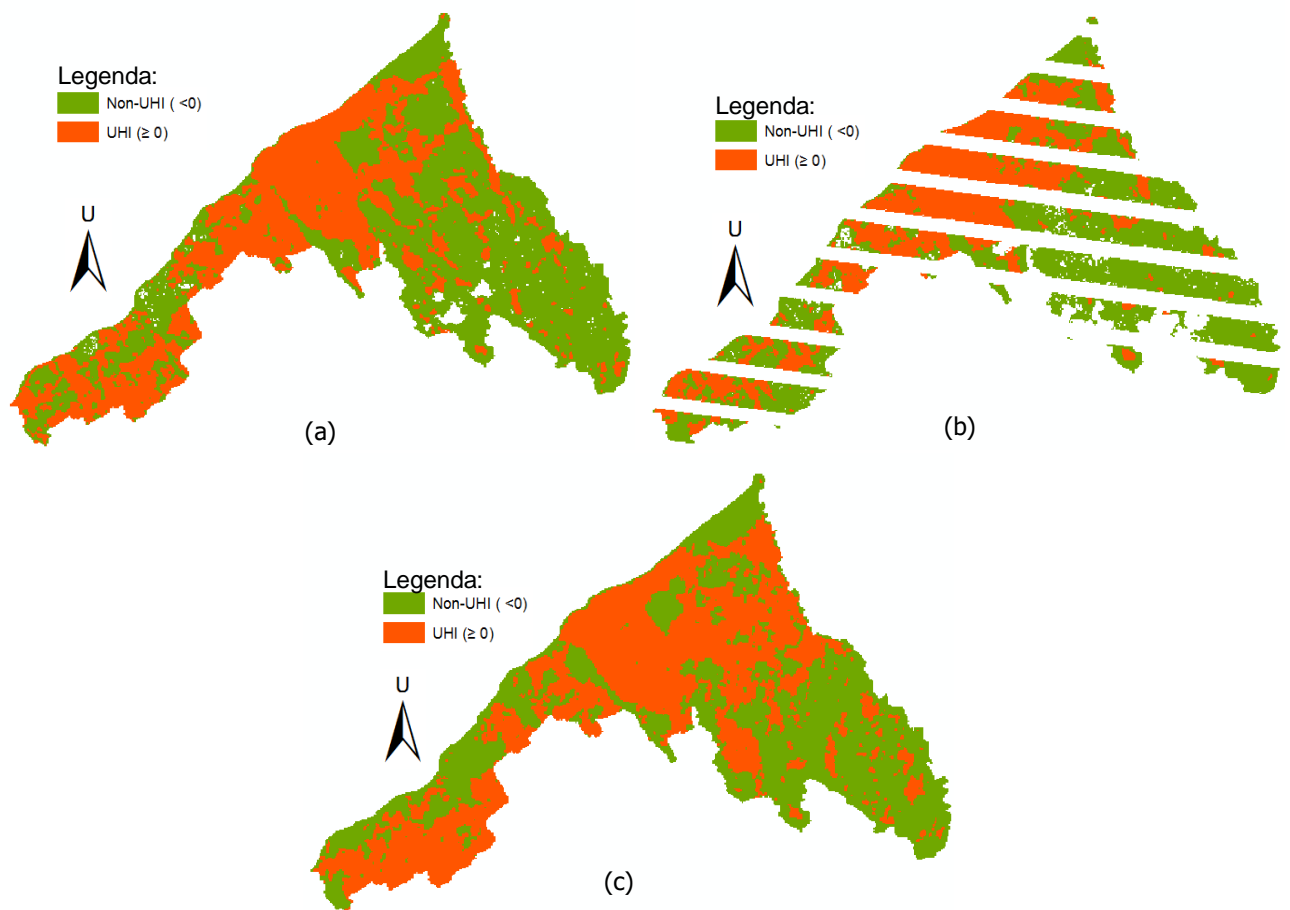
dari dua tahun sebelumnya. Hal itu dipengaruhi dari penggunaan metode dalam melakukan ekstraksi suhu permukaan untuk deteksi UHI dan pengaruh dari indeks vegetasi (Tsou et al., 2017). Penelitian Tsou et al. (2017) menunjukkan bahwa metode *Split-Windows Algorithm* (SWA) dari pengembangan Sobrino et al. (2003) menggunakan indeks vegetasi sebagai nilai emisivitas kurang mampu memberikan nilai suhu permukaan terhadap kondisi di lapangan.

Hasil intensitas UHI terbagi menjadi dua kelas (**Tabel 3**) yaitu daerah UHI dan daerah sekitar perkotaan. Korelasi yang dihasilkan dengan pola distribusi memiliki perbedaan jika membandingkan antara **Gambar 4** dan **Gambar 5** dimana pada distribusi UHI hanya menunjukkan daerah dengan fenomena UHI yang terjadi sedangkan intensitas UHI lebih menunjukkan kondisi fenomena perubahan penggunaan lahan terutama lahan terbangun. Nilai intensitas UHI lebih dari Nol (0) menunjukkan bahwa daerah itu memiliki potensi terjadinya UHI dan sebaliknya jika nilai yang dihasilkan kurang dari Nol (0) maka potensi untuk terjadinya UHI lebih kecil. Perubahan intensitas UHI yang terjadi dari tahun 2000 ke 2010 sebesar 2°C sedangkan pada tahun 2010 ke 2018 sebesar 1.5°C. Peningkatan intensitas UHI memiliki hasil serupa dengan penelitian Bonafoni et al. (2017) yang melihat fenomena UHI selama 10 Tahun dan terjadi peningkatan intensitas UHI sebesar 2.3°C.



Sumber: Pengolahan Data Tahun, 2019

Gambar 4. (a) Distribusi UHI Kecamatan Buleleng Tahun 2000 (Landsat 7 ETM+), (b) Distribusi UHI Kecamatan Buleleng Tahun 2010 (Landsat 7 ETM+), dan (c) Distribusi UHI Kecamatan Buleleng Tahun 2018 (Landsat 8 OLI/TIRS).



Sumber: Pengolahan Data Tahun, 2019

Gambar 5. (a) Intensitas UHI Kecamatan Buleleng Tahun 2000 (Landsat 7 ETM+), (b) Intensitas UHI Kecamatan Buleleng Tahun 2010 (Landsat 7 ETM+), dan (c) Intensitas UHI Kecamatan Buleleng Tahun 2018 (Landsat 8 OLI/TIRS).

KESIMPULAN

Perkembangan wilayah di Kabupaten Buleleng khususnya wilayah Kecamatan Buleleng menunjukkan daerah terdampak UHI mengalami peningkatan ke arah barat dan terjadi peningkatan suhu sebesar $\pm 5^{\circ}\text{C}$ akibat dari perubahan lahan menjadi lahan terbangun karena peningkatan jumlah penduduk. Hasil distribusi UHI pada tahun 2000, 2010, dan 2018 memperlihatkan hubungan positif terhadap persebaran lahan terbangun. Sedangkan Intensitas UHI menunjukkan peningkatan mulai tahun 2000 ke 2018 sebesar 1.75°C . Peningkatan itu membuktikan bahwa terdapat lokasi UHI dalam kurun waktu tersebut. Persebaran intensitas UHI memiliki kemiripan dengan pola persebaran lahan terbangun dan non-terbangun pada klasifikasi penggunaan lahan. Pemantauan melalui teknologi penginderaan jauh untuk UHI masih perlu dikembangkan dengan memperhitungkan fenomena penataan ruang khususnya wilayah yang dekat dengan wilayah pesisir karena memiliki peran dalam kenaikan suhu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Pendidikan Ganesha (Undiksha)

khusus Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) sebagai pemberi dana sehingga penelitian dapat dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, E. S. (2014). Tinjauan Metode Deteksi Parameter Kekeringan Berbasis Data Penginderaan Jauh. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*, 211–220.
- Ahmad, A., & Quegan, S. (2013). Comparative analysis of supervised and unsupervised classification on multispectral data. *Applied Mathematical Sciences*, 7(74), 3681–3694. <https://doi.org/10.12988/ams.2013.34214>
- Al-Ahmadi, F. S., & Hames, A. S. (2009). Comparison of Four Classification Methods to Extract Land Use and Land Cover from Raw Satellite Images for Some Remote Arid Areas, Kingdom of Saudi Arabia. *Journal Kingdom of Saudi Arabia*, 20(1), 167–191. <https://doi.org/10.4197/Ear.20-1.9>
- Alves, E. D. L., & Lopes, A. (2017). The Urban Heat Island Effect and the Role of Vegetation to Address the Negative Impacts of Local Climate Changes in a Small Brazilian City. *Atmosphere, MDPI*, 8(2), 1–14. <https://doi.org/10.3390/atmos8020018>
- Artis, D. A., & Carnahan, W. H. (1982). *Survey of Emissivity Variability in Thennography of Urban Areas*. 329, 313–329.
- Badan Pusat Statistik. (2016). *Kabupaten Buleleng dalam*

- Angka 2016.
- Baik, J. J., Kim, Y. H., Kim, J. J., & Han, J. Y. (2007). Effects of boundary-layer stability on urban heat island-induced circulation. *Theoretical and Applied Climatology*, 89(1–2), 73–81. <https://doi.org/10.1007/s00704-006-0254-4>
- Bakker, M. M., Alam, S. J., van Dijk, J., & Rounsevell, M. D. A. (2014). Land-use change arising from rural land exchange: an agent-based simulation model. *Landscape Ecology*, 30(2), 273–286. <https://doi.org/10.1007/s10980-014-0116-x>
- Bonafoni, S., Baldinelli, G., & Verducci, P. (2017). Sustainable strategies for smart cities: Analysis of the town development effect on surface urban heat island through remote sensing methodologies. *Sustainable Cities and Society*, 29, 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.11.005>
- Chander, G., Markham, B. L., Helder, D. L., & Ali, E.-. (2009). Remote Sensing of Environment Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 113(5), 893–903. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.01.007>
- Coll, C., Galve, J. M., Sánchez, J. M., & Caselles, V. (2010). Validation of landsat-7/ETM+ thermal-band calibration and atmospheric correction with ground-based measurements. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(1), 547–555. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2009.2024934>
- Colunga, M. L., Cambrón-Sandoval, V. H., Suzán-Azpiri, H., Guevara-Escobar, A., & Luna-Soria, H. (2015). The role of urban vegetation in temperature and heat island effects in Querétaro city, Mexico. *Atmosfera*, 28(3), 205–218. <https://doi.org/10.20937/ATM.2015.28.03.05>
- Congalton, R. G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37(1), 35–46. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90048-B](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-B)
- Coutts, A., Harris, R., Phan, T., J. Livesley, S., Williams, N., & Tapper, N. (2016). Thermal infrared remote sensing of urban heat: Hotspots, vegetation, and an assessment of techniques for use in urban planning. In *Remote Sensing of Environment* (Vol. 186). <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.09.007>
- Delarizka, A., Sasmito, B., & Hani'ah. (2016). Analisis Fenomena Pulau Bahang (Urban Heat Island) di Kota Semarang berdasarkan Hubungan antara Perubahan Tutupan Lahan dengan Suhu Permukaan menggunakan Citra Multi Temporal Landsat. *Geodesi Undip*, 5(4), 165–177.
- dos Santos, A. R., de Oliveira, F. S., da Silva, A. G., Gleriani, J. M., Gonçalves, W., Moreira, G. L., Silva, F. G., Branco, E. R. F., Moura, M. M., da Silva, R. G., Juvanhol, R. S., de Souza, K. B., Ribeiro, C. A. A. S., de Queiroz, V. T., Costa, A. V., Lorenzon, A. S., Domingues, G. F., Marcatti, G. E., de Castro, N. L. M., ... Mota, P. H. S. (2017). Spatial and temporal distribution of urban heat islands. *Science of the Total Environment*, 605–606(December), 946–956. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.275>
- Fawzi, N. I. (2017). Mengukur Urban Heat Island Menggunakan Penginderaan Jauh, Kasus Di Kota Yogyakarta (Measuring Urban Heat Island using Remote Sensing, Case of Yogyakarta City). *Majalah Ilmiah Globe*, 19(2), 195–206.
- Fawzi, N. I., & Jatmiko, R. H. (2015). Heat Island Detection in Coal Mining Areas using Multitemporal Remote Sensing. *Proceedings the 36th Asian Conference of Remote Sensing (ACRS 2015)*, Metro Manila, Philippines, October 2015.
- Fawzi, N. I., & Naharil M, N. (2013). Kajian Urban Heat Island di Kota Yogyakarta - Hubungan antara Tutupan Lahan dan Suhu Permukaan. *Simposium Nasional Sains Geoinformasi-III*, 275–280.
- Huang, F., Zhan, W., Voogt, J., Hu, L., Wang, Z.-H., Quan, J., Ju, W., & Guo, Z. (2016). Temporal upscaling of surface urban heat island by incorporating an annual temperature cycle model: A tale of two cities. In *Remote Sensing of Environment* (Vol. 186). <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.08.009>
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83, 195–213. <https://doi.org/10.3390/rs4103201>
- Iyengar, S. (2003). Environmental Damage to Land Resource: Need to Improve Land Use Data Base. In *Economic and Political Weekly* (Vol. 38). <https://doi.org/10.2307/4413941>
- Jensen JR. (2005). *Introductory Digital Image Processing* (Third Edit). South California: Pearson Prentice Hall.
- Kuenzer, C., Zhang, J., & Dech, S. (2015). *Thermal Infrared Remote Sensing: Principles and Theoretical Background*.
- Levermore, G., Parkinson, J., Lee, K., Laycock, P., & Lindley, S. (2017). The increasing trend of the urban heat island intensity. In *Urban Climate* (Vol. 24). <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.02.004>
- Li, F., Jackson, T. J., Kustas, P., Schmugge, T. J., French, A. N., Cosh, H., & Bindlish, R. (2004). Deriving land surface temperature from Landsat 5 and 7 during SMEX02/SMACEX. *Remote Sensing of Environment*, 92, 521–534. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.018>
- Li, Z. L., & Becker, F. (1993). Feasibility of land surface temperature and emissivity determination from AVHRR data. *Remote Sensing of Environment*, 43(1), 67–85. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(93\)90065-6](https://doi.org/10.1016/0034-4257(93)90065-6)
- Ma, Y., Kuang, Y., & Huang, N. (2010). Coupling urbanization analyses for studying urban thermal environment and its interplay with biophysical parameters based on TM/ETM+ imagery. In *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* (Vol. 12). <https://doi.org/10.1016/j.jag.2009.12.002>
- Magee, N., Curtis, J., & Wendler, G. (1999). The urban heat island effect at Fairbanks, Alaska. *Theoretical and Applied Climatology*, 64(1–2), 39–47. <https://doi.org/10.1007/s007040050109>
- Mindali, O. R., Michael, Y., Helman, D., & Lensky, I. (2015). The role of local land-use on the urban heat island effect of Tel Aviv as assessed from satellite remote sensing. In *Applied Geography* (Vol. 56). <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.023>
- Nugraha, A. S.A., Gunawan, T., & Kamal, M. (2019). Comparison of Land Surface Temperature Derived from Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI/TIRS for Drought Monitoring. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 313(1), 0–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/313/1/012041>
- Nugraha, A Sediyo Adi. (2019). Pemanfaatan Metode Split-Windows Algorithm (SWA) pada Landsat 8 Menggunakan Data Uap Air MODIS Terra (The Application of Split-Windows Algorithm (SWA) Methods on Landsat 8 Using Modis Terra Water

- Vapor). *Geomatika*, 25(1), 9–16. <https://doi.org/http://doi.org/10.24895/JIG.2019.25-1.877>
- Nugraha, A Sediyo Adi, Gunawan, T., & Kamal, M. (2019). Downscaling land surface temperature on multi-scale image for drought monitoring. *Sixth Geoinformation Science Symposium, November*, 6. <https://doi.org/10.1117/12.2544550>
- Nugroho, S. A. (2011). *Analisis Kelembaban Tanah Permukaan Melalui Citra Landsat 7 ETM+ Di Wilayah Dataran Kabupaten Purworejo*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Oke, T. R. (2002). *Boundary Layer Climates* (2nd Editio). Taylor & Francis. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9780203407219>
- Pinho, O. S., & Orgaz, M. D. M. (2000). The urban heat island in a small city in coastal Portugal. In *International journal of biometeorology* (Vol. 44). <https://doi.org/10.1007/s004840000063>
- Qian, L.-X., Cui, H.-S., & Chang, J. (2006). Impacts of Land Use and Cover Change on Land Surface Temperature in the Zhujiang Delta. *Pedosphere*, 16(6), 681–689. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(06\)60103-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1002-0160(06)60103-3)
- Qin, Z., Dall, G., Karni, A., & Berliner, P. (2001). Derivation of split window algorithm and its sensitivity analysis for retrieving land surface temperature from NOAA-advanced very high resolution radiometer data. *Journal of Geophysical Research*, 106(19), 22655–22670. <https://doi.org/10.1029/2000JD900452>
- Rajasekar, U., & Weng, Q. (2009). Spatio-temporal modelling and analysis of urban heat islands by using Landsat TM and ETM+ imagery. In *International Journal of Remote Sensing* (Vol. 30). <https://doi.org/10.1080/01431160802562289>
- Robert A, S. (2007). *Remote Sensing, Third Edition: Models and Methods for Image Processing* (Third). Elsevier Science & Technology (2009).
- Roth, M., Oke, T. R., & Emery, W. J. (1989). Satellite-derived Urban Heat Island from Three Coastal Cities and The Utilization of such Data in Urban Climatology. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 10(11), 1699–1720.
- Rozenstein, O., Qin, Z., Derimian, Y., & Karnieli, A. (2014). Derivation of land surface temperature for landsat-8 TIRS using a split window algorithm. *Sensors (Switzerland)*, 14(4), 5768–5780. <https://doi.org/10.3390/s140405768>
- Sabins, F. F. (2007). *Remote Sensing: Principles and Application, Third Edition*. Waveland Press, Inc.
- Septiani, R., Citra, I. P. A., & Nugraha, A. S. A. (2019). Perbandingan Metode Supervised Classification dan Unsupervised Classification terhadap Penutup Lahan di Kabupaten Buleleng. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian*, 16(2), 90–96. <https://doi.org/10.15294/jg.v16i2.19777>
- Skokovic, D., Sobrino, J. a., Jiménez Muñoz, J. C., Soria, G., Julien, Y., Mattar, C., & Cristóbal, J. (2014). Calibration and Validation of land surface temperature for Landsat8- TIRS sensor TIRS LANDSAT-8 CHARACTERISTICS. *Land Product Validation and Evolution ESA/ESRIN*, 27. <https://doi.org/10.1063/1.452862>
- Sobrino, J. A., El Kharraz, J., & Li, Z. L. (2003). Surface temperature and water vapour retrieval from MODIS data. *International Journal of Remote Sensing*, 24(24), 5161–5182. <https://doi.org/10.1080/0143116031000102502>
- Sobrino, J. A., Li, Z. L., Stoll, M. P., & Becker, F. (1996). Multi-channel and multi-angle algorithms for estimating sea and land surface temperature with atsr data. *International Journal of Remote Sensing*, 17(11), 2089–2114. <https://doi.org/10.1080/01431169608948760>
- Sobrino, J., Raissouni, N., & Li, Z.-L. (2001). A Comparative Study of Land Surface Emissivity Retrieval from NOAA Data. In *Remote Sensing of Environment* (Vol. 75). [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(00\)00171-1](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(00)00171-1)
- Srivanit, M., Hokao, K., & Phonekeo, V. (2012). Assessing the Impact of Urbanization on Urban Thermal Environment: A Case Study of Bangkok Metropolitan. *International Journal of Applied Science and Technology*, 2(7), 243–256.
- Streutker, D. R. (2003). Satellite-measured growth of the urban heat island of Houston, Texas David. *Remote Sensing of Environment*, 85(3), 282–289.
- Susca, T., Gaffin, S., & Dell’Osso, G. (2011). Positive effects of vegetation: Urban Heat Island and green roofs. In *Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)* (Vol. 159). <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.03.007>
- Tsou, J., Zhuang, J., Li, Y., & Zhang, Y. (2017). Urban Heat Island Assessment Using the Landsat 8 Data : A Case Study in Shenzhen and Hong Kong. *Urban Science*, 1(10), 1–22. <https://doi.org/10.3390/urbansci1010010>
- Tursilowati, L., Tetuko, J., Sumantyo, S., Kuze, H., & Adiningsih, E. S. (2015). Relationship between Urban Heat Island Phenomenon and Land Use/Land Cover Changes in Jakarta – Indonesia. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS)*, 3(4), 645–653.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2008). *Reducing Urban Heat Island: Compendium of Strategies Cool pavements* (pp. 1–32). <https://doi.org/10.2174/9781608054718113010008>
- U.S. Geology Survey Department. (2010). *Landsat 7 Science Data Users Handbook*. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2011.606>
- Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 370–384. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00079-8)
- Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q., & Li, Z. L. (2004). Quality assessment and validation of the MODIS global land surface temperature. *International Journal of Remote Sensing*, 25(1), 261–274. <https://doi.org/10.1080/0143116031000116417>
- Wang, Y., & Akbari, H. (2016). The effects of street tree planting on Urban Heat Island mitigation in Montreal. *Sustainable Cities and Society*, 27(2016), 122–128. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.04.013>
- Xu, H., Chen, Y., Dan, S., & Qiu, W. (2011). Dynamical Monitoring and Evaluation Methods to Urban Heat Island Effects Based on RS & GIS. *Procedia Environmental Sciences*, 10(Esiat), 1228–1237. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.09.197>
- Xu, L., Xie, X. D., & Li, S. (2013). Correlation analysis of the urban heat island effect and the spatial and temporal distribution of atmospheric particulates using TM images in Beijing. In *Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)* (Vol. 178C). <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.006>
- Zhao, S., Qin, Q., Yang, Y., Xiong, Y., & Qiu, G. (2009).

Comparison of two split-window methods for retrieving land surface temperature from MODIS data. *Journal of Earth System Science*, 118(4),

345–353.
0027-4

<https://doi.org/10.1007/s12040-009-0027-4>