

**MONITORING PERUBAHAN SUHU IBU KOTA NEGARA TAHUN 1993-2019  
MENGUNAKAN CITRA SATELIT LANDSAT  
(Studi Kasus: Jakarta, Singapura, Kuala Lumpur Dan Bangkok)**

oleh

**Emil Salim Rasyidi<sup>1</sup>, Reski Sandi<sup>2</sup>, Muhammad Fikruddin Buraerah<sup>3</sup>**

Email: [emilsalimrasyidi@gmail.com](mailto:emilsalimrasyidi@gmail.com)

<sup>1</sup>Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Geologi, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Lingkungan, Universitas Bosowa, Makassar, Indonesia

**ABSTRACT**

*Developments in the Capital territory of a State that is dynamic often creates an impact on the temperature of an area in the urban, it is based on the high demand of the population living in urban areas in terms of both facilities and infrastructure resulted in an urban space less support for the occurrence of such development. Increasing temperatures in urban areas provide a lot of negative effects, such is the potential for fires, air pollution up to comfort of live in the state capital. And the others problems, with the global warming which occurred in the world, such as the melting of ice on most of the north pole, unpredictable Global warming and the number of flora and fauna habitat damaged. Therefore, researchers feel the need for monitoring changes in surface temperature in the Capital City of the South-East Asia, namely Jakarta, Singapura, Kuala Lumpur and Bangkok from years 1993 -2019, Monitoring changes in surface temperature in the capital city of the State carried out using Landsat 4, Landsat 7 TM, and Landsat 8 OLI with thermal band resolution of 90m, the aim of this study is Monitoring and analysis of Surface Temperature changes in Southeast Asia Capital City form 1993-2019. the result in this research is Surface Temperature changes map of the capital city of Southeast Asia Capital City form 1993-2019 case study: Jakarta, Singapura, Kuala Lumpur and Bangkok from years 1993-2019.*

**Keywords:** UHI, Monitoring Temperatur, Temperaur Kota, Perubahan Suhu

**A. PENDAHULUAN**

Peningkatan suhu permukaan bumi pada umumnya terjadi akibat perubahan perubahan tutupan lahan yang terjadi, tutupan lahan yang dapat mengendalikan panas (*sensibel heat*) seperti vegetasi yang memiliki kerapatan tinggi cenderung diubah menjadi penggunaan lahan yang diperuntuhkan untuk menunjang aktivitas manusia (Alrassi et al., 2016), seperti pembangunan infrastruktur, sarana maupun prasarana, pembukaan lahan hutan menjadi lahan pertanian juga merupakan salah satu penyebab meningkatnya suhu permukaan baik dari suhu permukaan dari penerimaan radiasi matahari maupun suhu udara yang dipengaruhi oleh suhu permukaan dari penutupan lahan dan kondisi iklim, suhu juga merupakan bagian atau komponen dari alam yang sangat dipengaruhi dan mempengaruhi aktivitas

mahluk hidup serta kondisi lingkungan (Spencer, 1993).

Asia tenggara yang merupakan kawasan dengan iklim tropis serta memiliki negara-negara yang berkembang baik dari segi ekonomi maupun segi pembangunan akan memberikan dampak pada perubahan suhu permukaan di Ibu kotanya, pembangunan yang padat untuk menunjang perekonomian serta sarana dan prasarana untuk menampung populasi masyarakat yang bermukim mengakibatkan perubahan lahan tidak terbangun menjadi terbangun, dengan kepadatan yang tinggi memberikan resiko peningkatan iklim dan menjadi fenomena *urban heat island* (UHI). Perubahan suhu pada permukaan dapat diamati dengan data yang bersifat multitemporal dengan liputan pengambilan data yang luas, maka salah satu data yang tersedia dan dapat digunakan untuk memonitoring perubahan suhu permukaan pada ibu kota negara khususnya pada asia

tenggara adalah dengan data penginderaan jauh berupa data citra satelit.

Penginderaan jauh ialah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek pada daerah yang dikaji (Lillesand and Kiefer, 2004). Pemetaan tutupan lahan/penggunaan lahan sangat tergantung pada ketersediaan citra satelit (Danoedoro et al., 2019), Ketersediaan data dari citra satelit yang memiliki sensor *thermal*, salah satunya ialah citra Landsat dimana Landsat TM memiliki resolusi *band thermal* sebesar 120 m, Landsat UTM+ sebesar 60 dan Landsat OLI sebesar 100 m (Barsi et al., 2003; Ramdani & Setiani, 2014; Santer et al., 2017), oleh karena itu untuk memonitoring perubahan suhu permukaan perkotaan pada ibu kota negara pada negara-negara Asia Tenggara yakni Jakarta, Singapura, Kuala Lumpur dan Bangkok akan digunakan data dari citra Landsat dengan rentang waktu 9-10 tahun, yaitu tahun 1996, 2005/2006, hingga tahun 2019.

## B. METODE PENELITIAN

### 1. Data Citra Thermal

Citra Thermal merupakan citra yang menampilkan data suhu pancaran dari kenampakan permukaan bumi. Pada citra multispektral seperti Landsat TM, UTM+ dan OLI memiliki sensor TIRS (*thermal infrared system*) yang didesain untuk menampakkan saluran inframerah *thermal* dan mendapatkan data suhu/temperatur pada permukaan bumi. Landsat TM memiliki saluran TIRS dengan resolusi spasial 120 cm dengan misi penerbangan dari tahun 1984 hingga 2012, Landsat UTM+ dengan resolusi TIRS 60 cm dengan misi penerbangan 1999-hingga sekarang dan landsat OLI dengan resolusi spasial 100 cm dengan misi penerbangan 2013-hingga sekarang, dimana data tersebut dapat diakses dan digunakan melalui U.S Geological Survey (USGS).

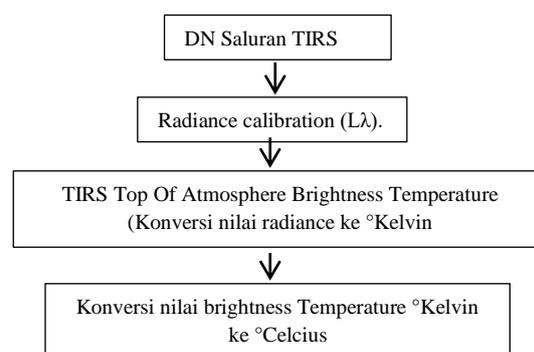
Citra Landsat yang digunakan pada penelitian ini bersifat multitemporal dengan pertimbangan rentan waktu 10 tahun yakni tahun 1996, 2005/2006, 2019. Hal yang dapat menghambat pengumpulan data citra *thermal* ialah faktor *sky view*, selain itu faktor tutupan awan pada lokasi penelitian yang bukan

memantulkan nilai suhu pada permukaan bumi, melainkan nilai suhu awan yang bersifat rendah. Adapun data citra yang digunakan serta tanggal perekaman yang menggambarkan secara rinci tanggal perekaman, waktu perekaman, serta jumlah tutupan awan yang menjadi faktor kualitas citra yang digunakan untuk monitoring perubahan suhu permukaan pada lokasi penelitian dapat dilihat pada tabel 1 (*terlampir*)

Studi area pada tiap ibukota negara yang digunakan untuk dalam penelitian ini berdasarkan studi area yang didapatkan pada berbagai sumber, diantaranya Center for Land Use Education and Research (CLEAR) untuk Kuala Lumpur, Singapura dan Bangkok dengan GIS Data base tahun 2000-2002, sedangkan untuk batas studi area Jakarta didapatkan dari GIS BPDP DKI Jakarta dengan data base batas administrasi wilayah pada tahun 2015 pada tabel 2 (*terlampir*)

### 2. Metode Analisis Temperatur

Sensor TIRS memiliki kesalahan nilai spektral gelombang akibat adanya gangguan atmosferik yang diterima oleh sensor, kesalahan yang terjadi akibat berubahnya nilai spektral gelombang elektromagnetik yang diterima sensor saat perekaman dengan nilai spektral yang dipancarkan. Menurut Lillesand, et al, (2004) seperti halnya foto udara, atmosfer berpengaruh nyata atas intensitas dan komposisi spektral tenaga yang terekam oleh sistem *thermal*, maka proses yang digunakan hingga mendapatkan nilai suhu/temperatur objek permukaan bumi dengan konversi satuan temperature kelvin ke °C ialah menkonveri saluran DN ke nilai *radiance*, selanjutnya mengubah DN yang telah bernilai *radiance* ke nilai kelvin, dan proses terakhir yaitu konversi nilai *brightness temperature* °Kelvin ke °Celcius, hal ini dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Proses konversi saluran TIRS pada Citra Landsat TM, UTM+ dan OLI untuk mendapatkan nilai brightness temperature °Celsius, proses ini berdasarkan proses konversi pada Landsat 7 dan 8 *science data user handbook* dari NASA.

### 3. Koreksi Radiometrik

Salah satu koreksi yang biasa digunakan ialah koreksi TOA *radiance* dengan cara mengkonversi data citra *at-sensor digital number* (DN) ke *at-sensor radiance* ( $L\lambda$ ), dengan menggunakan permodelan matematis, untuk landsat TM dan UTM+ permodelan matematis yang digunakan ialah:

$$Lk = gkDN + bk \dots \dots \dots (1)$$

Dimana nilai L adalah nilai *at-sensor radiance* dari saluran yang ingin dikonversi, *gk* dan *bk* refer to the gain and bias for band *k* (Landsat 7 Science Data Users Handbook), Landsat OLI memiliki persamaan matematis yang berbeda dengan Landsat TM dan UTM+, dengan menggunakan *band-specific multiplicative rescaling* dan *band specific additive*, permodelan matematis yang digunakan ialah:

$$L\lambda = ML * Qcal + AL \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

$L\lambda$  = TOA *spectral radiance*  
(Watts/(m<sup>2</sup>\*srad\* $\mu$ m))

ML = *Band-specific multiplicative rescaling factor from the metadata*  
(Radiance\_Mult\_Band\_x, where x is the band number)

AL = *Band-specific additive rescaling factor from metadata*  
(Radiance\_add\_band\_x, where x is the band number)

Qcal = *Quantized and calibrated standard product pixel values* (DN)

Band/saluran yang digunakan dan dikalibrasi ialah band *thermal*, maka persamaan matematis 2 yang merupakan standar kalibrasi *at-sensor digital number* (DN) ke *at-sensor radiance* ( $L\lambda$ ) (Landsat 8 (L8) Data Users Handbook) dapat diproses untuk dikonversi menjadi *atmosphere brightness temperature* °Kelvin.

### 4. Top Of Atmosphere Brightness Temperature °K (°Kelvin)

Nilai temperature/suhu permukaan pada citra tiap saluran TIRS ditransformasi nilai pancaran spektralnya berdasarkan hasil ke *at-sensor radiance* ( $L\lambda$ ) kedalam nilai

temperature/suhu radian (Trad). Menurut Huang, (2002) dan Irish, (2000), Setiap piksel dapat dihitung berdasarkan nilai radiansi spektral dengan menggunakan persamaan yang mengasumsikan unity emisivity dan menggunakan pre-launch konstanta kalibrasi, adapun persamaanya yaitu:

$$L = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

T = *Top of Atmosphere brightness temperature in °K* (°Kelvin)

$L\lambda$  = *Spectral Radiance* (WATS/W cm<sup>-2</sup> ster<sup>-1</sup> $\mu$ m<sup>-1</sup>)

K1 = *Thermal conversion constant the band*

K2 = *Thermal conversion constant the band*

Permodelan matematis 3 dapat digunakan untuk kalibrasi *at-sensore radiance* kedalam nilai temperature/suhu radian (*trad*) pada saluran thermal Landsat TM, UTM+ dan OLI, untuk nilai Konstanta 1 dan 2 pada Landsat TM, UTM+ dan OLI memiliki nilai yang berbeda, hal ini dapat dilihat pada Tabel 3 (*terlampir*)

### 5. TIRS Top of Atmosphere Broghtness Temperature °C (°Celcius)

Dalam monitoring perubahan suhu permukaan pada studi area, maka satuan panas yang digunakan ialah satuan °C (°Celcius) dengan cara mengkonversi nilai temperature/suhu dari hasil TIRS Top of atmosphere brightness temperature °K (°Kelvin) ke °C (°Celcius) dimana 0 °C = 273.15 °K, maka persamaan matematis yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai suhu/temperatur °C dapat menggunakan persamaan matematis berikut:

$$T^{\circ}C = T^{\circ}K - 273.15 \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

T°C = *Top of Atmosphere Brightness Temperature dalam °C*

T°K = *Top of Atmosphere Brightness Temperature dalam °K*

273.15 = 0 °C adalah 273.15 °K

### 6. Density Slicing

Salah satu hal yang penting dalam menampilkan suatu informasi secara spasial, salah satu teknik yang dapat digunakan untuk data yang bersifat interval seperti suhu ialah *density slicing*, menurut Danoedoro (1996) pemilihan tingkat kecerahan (*density slicing*) merupakan teknik operasi yang dekat dengan operasi LUT (*Look-Up Table*), dimana setelah julat nilai kecerahan dibagi menjadi beberapa

interval yang menggambarkan kenampakan objek secara umum, selanjutnya tiap interval tersebut akan diberi warna unik dan menghasilkan gambaran dari tiap objek dengan warna yang berbeda.

Untuk menampilkan informasi suhu pada penelitian ini, peneliti menggunakan julet dari nilai *Top of Atmosphere Brightness Temperature* sebesar  $2^{\circ}\text{C}$ , untuk dapat memberikan gambaran tiap objek dengan degradasi warna untuk mempertahankan perbedaan besaran nilai *Top of Atmosphere Brightness Temperature* pada hasil pengolahan data yang bersifat multitemporal.

### 7. Analisis Perubahan Suhu

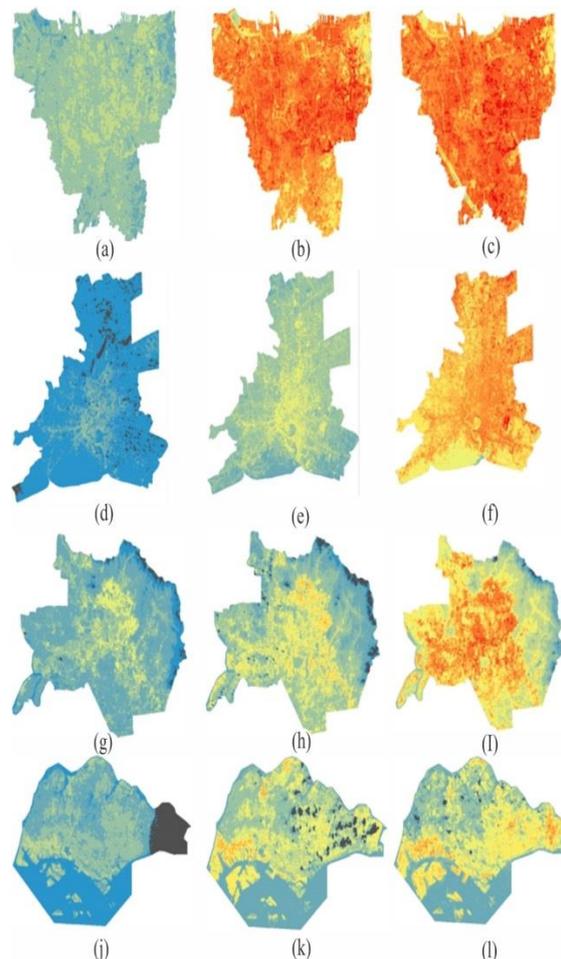
Untuk menganalisis perubahan suhu permukaan pada area studi, maka akan dilakukan pengambilan sampel berupa area pada hasil pengolahan citra Landsat TM, UTM+ dan OLI yang berupa peta suhu permukaan, pengambilan sampel ini dilakukan berdasarkan perbedaan sebaran awan pada tiap citra multitemporal yakni pada Landsat TM, UTM+ dan Landsat OLI, maka akan dilakukan sampel area dengan pertimbangan lokasi berupa area yang tidak memiliki tutupan awan pada tiap data citra yang diperoleh pada tiap area studi yang diteliti, sebaya sampel area yang akan diteliti pada tiap area studi dilihat pada gambar 3, dan perkembangan suhu hasil analisis perubahan akan ditampilkan secara grafik dan secara deskriptif, sedangkan untuk hasil pengolahan data sesuai dengan gambar 1 akan ditampilkan berupa peta suhu permukaan pada tiap citra multitemporal dan area studi pada lokasi yang diteliti yakni; Jakarta, Bangkok, Kuala Lumpur dan Singapura.

## C. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Dari Pengolahan Citra

Proses konversi DN pada tiap saluran TIRS citra Multitemporal menjadi nilai *Top of atmosphere brightness temperature* dalam  $^{\circ}\text{C}$  akan ditampilkan berupa peta, dimana *density slicing* yang menggambarkan gradasi dari data suhu yang diperoleh dari tiap citra, suhu rendah akan ditampilkan dengan warna biru dengan interval suhu sebesar  $23^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$ , dan warna merah cerah dengan interval suhu  $> 41^{\circ}\text{C}$ , maka pemberian warna pada tiap interval akan berlaku sama di tiap citra

multitemporal, hal ini dilakukan agar terlihatnya perbedaan atau perubahan suhu pada tiap lokasi studi area pada tiap waktu yang telah ditentukan sesuai dengan tabel 1. Adapun hasil dari pengolahan citra dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2.** (a) Peta suhu permukaan Jakarta tahun 1996, (b) Peta suhu permukaan Jakarta tahun 2006, (c) peta suhu permukaan Jakarta pada tahun 2019, (d) Peta suhu permukaan kota Bangkok tahun 1996, (e) Peta suhu permukaan Bangkok tahun 2006, (f) ) Peta suhu permukaan Bangkok tahun 2019, (g) Peta suhu permukaan Kuala Lumpur tahun 1996, (h) Peta suhu permukaan Kuala Lumpur tahun 2006, (i) Peta suhu permukaan Kuala Lumpur tahun 2019, (j) Peta suhu permukaan Singapura tahun 1996, (k) Peta suhu permukaan Singapura tahun 2005, dan (l) Peta suhu permukaan Singapura tahun 2019. Gambar 2 memperlihatkan kondisi dimana perubahan suhu pada tiap kota di studi area memiliki perubahan suhu pada

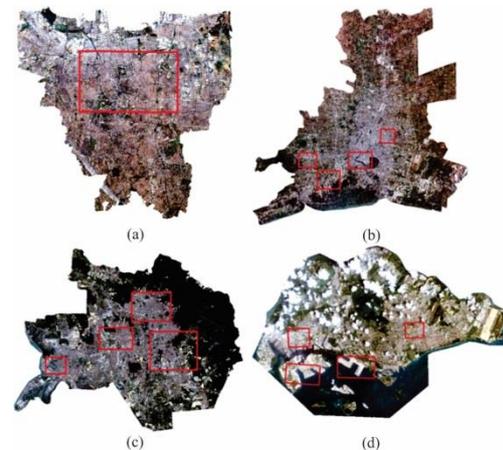
permukaan dan perubahan suhu yang terjadi mengindikasikan peningkatan. Pada tahun 1996 tiap kota di lokasi studi memperlihatkan suhu tertinggi sebesar 31 – 33 °C, pada lokasi kota yang dijadikan studi area diantaranya Jakarta, Kuala Lumpur dan Singapura, sedangkan pada Bangkok suhu tertinggi pada tahun 1996 memiliki suhu tertinggi sebesar 29 – 31 °C. Pada tahun 2019, peningkatan suhu mulai terjadi, dari hasil pengolahan data citra Landsat, Bangkok menunjukkan suhu tertinggi sebesar 37 – 39 °C, sedangkan pada daerah Kuala Lumpur didominasi oleh suhu permukaan sebesar 33 – 35 °C, selanjutnya Singapura pada tahun 2005 memiliki suhu permukaan yang didominasi dengan suhu sebesar 33 – 37 °C, berbeda di kota Jakarta, pada tahun 2006 suhu Jakarta didominasi dengan suhu permukaan sebesar 37 – 41°C.

Pada Tahun 2019, Kota Singapura merupakan satu- satunya kota pada lokasi studi yang tidak memiliki peningkatan suhu permukaan yang cukup drastis, namun suhu permukaan sebesar 37-39 °C mulai mendominasi khususnya daerah pada bagian timur dan selatan Singapura, kondisi berbeda dapat terlihat pada Kuala Lumpur dan Bangkok dimana peningkatan suhu sangat jelas terlihat, suhu permukaan pada tahun 2019 sebesar 33 -35 °C dan mendominasi pada sebagian besar Kuala Lumpur dan Bangkok meningkat dengan suhu permukaan yang mendominasi sebesar 37-41°C bahkan terdapat wilayah yang memiliki suhu >41°C, Untuk kota Jakarta pada tahun 2019 memiliki suhu rata-rata permukaan yang paling tinggi diantara kota lainnya, dapat dilihat di kota Jakarta pada tahun 2019 memiliki suhu rata-rata 37-41°C yang paling luas dibandingkan kota lainnya, dan memiliki suhu > 41°C yang lebih luas dibandingkan kota lainnya.

## 2. Hasil Analisis Perubahan Suhu

Analisis perubahan suhu pada studi area dilakukan dengan cara pengambilan lokasi sampel, hal ini dilakukan pada citra multitemporal, hal ini dilakukan berdasarkan data citra yang digunakan memiliki tutupan awan yang berbeda-beda pada tiap data citra yang digunakan, untuk menganalisis data yang bersifat multitemporal akan dilakukan di area studi yang tidak memiliki tutupan awan, agar nilai awan tidak mempengaruhi analisis peningkatan suhu sehingga peningkatan suhu rata-rata bisa didapatkan. Lokasi sampel pada

dapat dilihat pada gambar 3, dimana lokasi sampel diambil berdasarkan pertimbangan lokasi yang tidak memiliki gangguan awan.



**Gambar 3.** (a) area sampel pada kota Jakarta, (b) lokasi area sampel pada kota Bangkok, (c) lokasi area sampel pada kota Kuala Lumpur, dan (d) lokasi area sampel pada kota Singapura

Perubahan luasan area yang memiliki suhu permukaan, Setiap interval waktu pada kota Kuala Lumpur memiliki luasan area dengan suhu permukaan 25-27 °C dimana nilai rata-rata perubahan terbesar yaitu 10944,54 Ha dan mengalami penurunan pada tahun 2019, selanjutnya luasan area yang memiliki suhu yang cukup tinggi yaitu 39-41°C juga memperlihatkan nilai rata-rata perubahan sebesar 2978,34 Ha, jika dilihat dari tahun 1996 yang tidak ada daerah yang memiliki suhu tersebut maka hal ini mengindikasikan peningkatan suhu pada lokasi sampel yang telah dipilih, bahkan luas area yang memiliki suhu >41°C mengalami peningkatan dengan luas area 234 Ha. dapat dilihat pada tabel 4 (*terlampir*)

Perubahan suhu permukaan pada lokasi sampel di kota Bangkok pada tabel 5 (*terlampir*), memperlihatkan peningkatan suhu permukaan, hal ini dapat dilihat pada tahun 2019 suhu dengan 23-29 °C sudah tidak ditemukan pada lokasi sampel, sedangkan area yang memiliki suhu permukaan 35-37 °C mengalami peningkatan yang cukup tinggi yakni 4426,5 Ha, selain itu terdapatnya area yang memiliki luas permukaan dengan suhu 37-39 °C pada tahun 2019 yang sebelumnya tidak ada di area lokasi sampel pada tahun 1996-2019, hal tersebut memperlihatkan

adanya peningkatan suhu yang cukup tinggi pada kota Bangkok.

Maka dari tabel 4 dan 5 memperlihatkan adanya peningkatan suhu permukaan pada lokasi sampel di kota Kuala Lumpur dan Bangkok dengan meningkatnya luas area yang memiliki temperatur yang cukup tinggi dari tahun 1996-2019 pada tabel 6 (*terlampir*)

Peningkatan suhu pada kota Singapura dapat dilihat pada tabel 6, luas area yang memiliki suhu permukaan 23-25 °C mengalami penurunan yakni sebesar 3402 Ha, mulai dari tahun 2005 menunjukkan tidak adanya area yang memiliki suhu sebesar 23-25 °C pada lokasi pengambilan titik sampel, peningkatan suhu secara signifikan terlihat pada area yang memiliki suhu 33- 37°C, tidak adanya area yang memiliki suhu tersebut pada tahun 1996. pada tahun 2019 area yang memiliki 33- 37°C sebesar 6856 Ha, dimana peningkatan area yang memiliki suhu 33-35°C pada lokasi sampel mengalami perubahan rata-rata yang paling signifikan yakni 1767,5.

Pada lokasi sampel kota Jakarta, suhu paling tinggi yakni >41°C, dibandingkan dengan ibu kota lainnya, peningkatan area yang memiliki suhu yang mencapai >41°C pada lokasi sampel kota Jakarta memperlihatkan bahwa kota Jakarta memiliki suhu paling tinggi diantara lokasi studi pada penelitian ini, dapat dilihat pada tabel 7. Peningkatan suhu pada tahun 1996 hingga tahun 2019, dimana suhu tertinggi pada kota Jakarta yakni 33°C berubah sangat signifikan, perubahan rata-rata dari luas area yang memiliki suhu 39-41°C memiliki luas yang paling tinggi, hal ini mengindikasikan peningkatan suhu pada kota Jakarta terjadi dengan sangat signifikan dalam rentang waktu selama 19 tahun.

#### D. KESIMPULAN

Monitoring perubahan suhu permukaan, memerlukan data yang bersifat multitemporal dengan kualitas yang baik dan dapat menampilkan persebaran suhu permukaan secara spasial, salah satu data yang dapat digunakan untuk monitoring suhu permukaan ialah data dari citra satelit yang memiliki resolusi temporal yang baik dan memiliki saluran TIRS. Citra satelit yang

memiliki data base citra salah satunya ialah Landsat, dengan saluran TIRS yang dimiliki serta data base yang disediakan mulai dari 1984 hingga sekarang maka monitoring dalam kajian perubahan iklim dapat dilakukan. Dari hasil penelitian ini memperlihatkan adanya perubahan iklim yang terjadi pada kota-kota besar di Asia Tenggara, perubahan iklim tersebut memberi dampak peningkatan suhu permukaan dengan signifikan, perubahan suhu pada perkotaan terjadi secara dinamis dan akan terus berubah jika konversi lahan dari tutupan lahan tidak terbangun seperti hutan menjadi lahan terbangun untuk keperluan pembangunan wilayah perkotaan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alrassi, F., Salim, E., Nina, A., Alwi, L., Danoedoro, P., & Kamal, M. (2016). GEOBIA For Land Use Mapping Using Worldview2 Image In Bengkang Village Coastal, Banyuwangi Regency, East Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 47, 012009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/47/1/012009>
- Barsi, J. A., Barker, J. L., & Schott, J. R. (2003). An atmospheric correction parameter calculator for a single thermal band earth-sensing instrument. In *IGARSS 2003. 2003 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Proceedings (IEEE Cat. No. 03CH37477)* (Vol. 5, pp. 3014-3016). IEEE.
- Danoedoro, P., Ananda, I. N., Wulandari, Y., Umela, A. F., Ratnasari, N., Rasyidi, E. S., Pahlefi, M. R., Ramadanningrum, D. P., Kulsum, I. I., Juniansah, A., Tyas, B. I., Rosalina, L., & Narmaningrum, D. A. (2019). *Developing interpretation methods for detailed categorisation-based land-cover/land-use mapping at 1:50,000 scale in Indonesia*. In T. D. Pham, K. D. Kanniah, K. Arai, G. J. P. Perez, Y. Setiawan, L. B. Prasetyo, & Y. Murayama (Eds.), *Sixth International Symposium on LAPAN-IPB Satellite* (p. 116). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2541857>

- Danoedoro, P., (1996). *Pengolahan Citra Digital: Teori dan Aplikasinya Dalam Bidang Penginderaan Jauh*. Diklat Kuliah. Yogyakarta: Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.
- Huang, et al., (2000) *MRLC 2000 Image Preprocessing Procedure*, USGS White Paper: Eros Data Center.
- Irish, R. R., (2016) *Landsat 7 Science Data User's Handbook National Aeronautics and Space Administration*: [http://www.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook\\_toc.html](http://www.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html).
- Landsat Project Science Office., (2007). *Landsat 7 Science Data User's Handbook*. Goddard Space Flight Center, NASA, Washington, DC.
- Lillesand, Kiefer, & Chimas., (2004). *Remote sensing and image interpretation (5th ed)*. New York: John Willey and son
- Ramdani, F., & Setiani, P. (2014). *Spatio-temporal analysis of urban temperature in Bandung City, Indonesia*. *Urban ecosystems*, 17(2), 473-487.
- Santer, B.D., S. Solomon, G. Pallotta, C. Mears, S. Po-Chedley, Q. Fu, F. Wentz, C. Zou, J. Painter, I. Cvijanovic, and C. Bonfils, (2017): *Comparing Tropospheric Warming in Climate Models and Satellite Data*. *J. Climate*, **30**, 373–392, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0333.1>
- Spencer, W.S. (1993). *Monitoring of Global Tropospheric and Stratospheric Temperature Trends*. Atlas of Satellite Observations Related to Global Change. Cambridge University Press. 2 : 79-86.

## Lampiran

**Tabel 1. Informasi Data Citra Satelit yang Digunakan**

Capital city Name	Landset Raster Space craft ID	Spatial Resolution	Date Acquired	Scene Center Time	Cloud Cover Land (%)	WRS_PATH	WRS_ROW
Jakarta	Landsat TM	120	1996-06-07	02:12:27	4.00	122	64
	Landsat UTM+	60	2006-03-10	03:18:41	6.00	122	64
	Landsat OLI	100	2019-07-25	02:59:53	2.98	122	64
Bangkok	Landsat TM	120	1996-05-23	02:49:18	20.00	129	50
	Landsat UTM+	120	1996-05-23	02:49:41	15.00	129	51
	Landsat UTM+	60	2006-12-05	03:27:53	14.00	129	50
	Landsat OLI	60	2006-12-05	03:28:16	10.00	129	51
Kuala Lumpur	Landsat OLI	100	2019-04-21	03:37:22	4.49	129	50
	Landsat TM	120	1996-03-06	02:35:21	6.00	127	58
	Landsat UTM+	60	2006-03-10	03:18:41	6.00	127	58
Singapura	Landsat OLI	100	2019-04-07	03:28:16	3.61	127	58
	Landsat TM	120	1996-03-08	02:23:31	33.00	125	59
	Landsat UTM+	60	2005-04-10	03:06:14	4.00	125	59
	Landsat OLI	100	2019-03-24	03:16:50	17.00	125	59

**Tabel 2. Informasi Data Studi Area**

Nama Ibu Kota	Sumber Data	Tahun Pembuatan Data
Jakarta	GIS BPDP DKI Jakarta	December 21, 2015
Bangkok	Center for Land Use Education and Research	January 8, 2002
Kuala Lumpur	Center for Land Use Education and Research	September 20, 2001
Singapura	Center for Land Use Education and Research	November 11, 2002

**Tabel 3. Thermal Conversion Constant 1 dan 2 Landsat TM, UTM+ dan OLI**

Landsat Sensore ID	K1	K2
Landsat TM (Band 6)	607.76	1260.56
Landsat UTM+ ( B6_VCID 1)	666.09	1282.71
Landsat OLI (TIR 1 (Band 10))	774.8853	1321.0789

**Tabel 4. Hasil Analisis Perubahan Suhu Dari Sampel Area di Kota Kuala Lumpur**

Suhu/Temperature °C	Kota Kuala Lumpur			
	Tahun 1996	Tahun 2006	Tahun 2019	Mean
	Luas area (ha)	Luas area (ha)	Luas area (ha)	Luas (ha)
23-25	127	4		65
25-27	31346	1486	2	10945
27-29	15042	12253	120	9138
29-31	1700	11256	4464	5807
31-33	39	12162	6456	6219
33-35	1	8346	6497	4948
35-37	-	2535	10846	6691
37-39	-	197	13453	6825
39-41	-	11	5946	2978
>41	-	1	469	235

Sumber; Hasil analisis tahun 2019

**Tabel 5. Hasil Analisis Perubahan Suhu Dari Sampel Area di Kota Bangkok**

Kota Bangkok				
Suhu/Temperature °C	Tahun 1996	Tahun 2006	Tahun 2019	Mean
	Luas area (ha)	Luas area (ha)	Luas area (ha)	Luas (ha)
Cloud	-	-	-	-
23-25	13309	9	-	6659
25-27	8986	1735	-	5360
27-29	3970	9013	-	6491
29-31	150	8751	2360	3753
31-33	-	5996	4714	5355
33-35	-	885	9857	5371
35-37	-	28	8825	4426
37-39	-	-	653	653
39-41	-	-	8	8
>41	-	-	-	-

Sumber; Hasil analisis tahun 2019

**Tabel 6. Hasil Analisis Perubahan Suhu Dari Sampel Area Kota Singapura**

Kota Singapura				
Suhu/Temperature °C	Tahun 1996	Tahun 2005	Tahun 2019	Mean
	Luas area (ha)	Luas area (ha)	Luas area (ha)	Luas (ha)
Cloud	-	0	1	-
23-25	3402	-	-	3402
25-27	64	2173	1462	1466
27-29	2300	548	692	1180
29-31	703	1115	551	790
31-33	6	1484	1246	915
33-35	-	1381	2154	1767
35-37	-	356	866	611
37-39	-	105	196	150
39-41	-	-	11	8
>41	-	-	1	1

Sumber; Hasil analisis tahun 2019

**Tabel 7. Hasil Analisis Perubahan Suhu Dari Sampel Area Kota Jakarta**

Kota Jakarta				
Suhu/Temperature °C	Tahun 1996	Tahun 2006	Tahun 2019	Mean
	Luas area (ha)	Luas area (ha)	Luas area (ha)	Luas (ha)
Cloud	-	-	-	-
23-25	27	-	-	27
25-27	1677	0,5	2	560
27-29	9814	14,	10	3279
29-31	2761	137	34	978
31-33	9	386	170	188
33-35	-	998	479,98	739
35-37	-	2159	1355	1757
37-39	-	5612	5023	5318
39-41	-	4406	6341	5374
>41	-	576	874	735

Sumber; Hasil analisis tahun 2019