

PEMANTAUAN SUHU PERMUKAAN TANAH DI PULAU JAWA (MONITORING OF LAND SURFACE TEMPERATURE IN JAVA ISLAND)

Indah Susanti, Nyl Ayu Indah Rizki, dan Edy Maryadi
Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer,
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
Jl. Dr. Djunjunan No. 133 Bandung 40173
e-mail: indahpl@gmail.com

RINGKASAN

Perubahan iklim yang terjadi secara ekstrem serta tidak dapat dengan mudah diprediksi menjadi salah satu hal penting yang perlu dibahas saat ini. Suhu merupakan salah satu hal penting yang dapat dianalisis untuk mempelajari iklim dan memantau perubahan iklim global. Suhu di suatu daerah dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya adalah arah datang sinar matahari, tinggi rendahnya suatu tempat, dan suhu permukaan lahan. Penelitian ini membahas suhu permukaan tanah atau dikenal *Land Surface Temperature* (LST) yang menunjukkan suhu kulit permukaan daratan dan merupakan campuran dari suhu tanah dan vegetasi. Energi yang sebanding dengan suhu permukaan tersebut, diradiasikan ke berbagai arah sehingga mempengaruhi suhu udara. Berdasarkan data citra satelit Terra - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) dilakukan identifikasi dan analisis LST di Pulau Jawa selama periode tahun 2000 sampai 2018. Hasil pengolahannya menunjukkan bahwa karakter permukaan sangat menentukan tinggi rendahnya LST. Daerah perkotaan dengan infrastruktur buatan, menyerap radiasi matahari lebih banyak dan menunjukkan LST yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah yang didominasi oleh infrastruktur alami seperti vegetasi dan air.

1 PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan salah satu isu penting yang banyak dikaji di dunia. Hal ini karena perubahan iklim memiliki keterkaitan dengan berbagai proses yang terjadi, baik itu proses fisis, kimiawi, maupun proses biologis. Dalam hal ini, terjadi perubahan neraca energi yang memberi dampak pada perubahan struktur dan fungsi ekosistem. Perubahan neraca energi yang terjadi dalam konteks perubahan iklim, karena adanya efek rumah kaca di mana gelombang panjang yang dipancarkan oleh permukaan bumi tidak dapat menembus lapisan gas rumah kaca dan lepas ke luar angkasa, namun lebih cenderung dipantulkan kembali ke permukaan bumi. Energi gelombang panjang yang terpantul dan kembali ke permukaan bumi turut memanaskan permukaan, selain

pemanasan yang disebabkan oleh energi gelombang pendek dari matahari. Jumlah energi yang terpancar dari sebuah permukaan berbanding lurus dengan pangkat empat dari suhunya, sehingga ketika suhu permukaan bumi menjadi lebih panas karena menerima radiasi gelombang pendek dari matahari dan pantulan radiasi gelombang panjang, maka energi yang dipancarkan permukaan bumi menjadi lebih kuat.

Keseimbangan energi permukaan bumi, sifat termal permukaan dan kondisi atmosfer mempengaruhi suhu permukaan lahan (Srivastava *et al.* 2009). Perubahan global dan lokal terus berlanjut dalam perubahan iklim Bumi sejak era pra-industri berlanjut. Beberapa perubahan terjadi karena fenomena alam dan aktivitas antropogenik seperti; gas rumah kaca, tutupan lahan dan perubahan

penggunaan lahan, penggunaan air tanah yang tidak terkendali, deforestasi, meningkatnya penggunaan air, urbanisasi, dan kegiatan irigasi (Yan *et al.*, 2002; Penny dan Kealhofer, 2005; Kantarcı, 2006; Yıldırım *et al.*, 2011; Orhan *et al.*, 2014).

Salah satu parameter yang dapat digunakan sebagai indikator adanya perubahan iklim adalah suhu permukaan tanah atau *Land Surface Temperature* (LST). LST dapat didefinisikan sebagai suhu permukaan rata-rata dari suatu permukaan yang digambarkan dalam cakupan suatu piksel dengan berbagai tipe permukaan yang berbeda (Faridah & Krisbiantoro, 2014). LST merupakan parameter penting untuk pemantauan proses fisis yang terjadi secara lokal, regional maupun secara global yang dikendalikan oleh keseimbangan energi permukaan, atmosfer, sifat termal dari permukaan, dan media bawah permukaan tanah (Becker & Li, 1990).

Besarnya LST bergantung pada kelembaban permukaan, tutupan lahan, kondisi vegetasi, dan faktor lainnya. LST sangat penting untuk dipelajari dan dianalisis LST mempengaruhi suhu udara di atasnya. Data LST sering diperlukan sebagai data masukan dalam model perhitungan evapotranspirasi, kelembaban udara, kelengasan tanah, dan neraca energi. Data tersebut dapat diperoleh dari stasiun pengamat cuaca namun tidak semua stasiun cuaca memiliki alat pengukur suhu permukaan (Prasasti *et al.*, 2007). Untuk itu, diperlukan teknik pengamatan lain yang dapat memberikan hasil pemantauan secara kontinu untuk cakupan wilayah yang relatif luas.

Penginderaan jauh berguna untuk memahami perubahan tutupan lahan secara spasial dan temporal dalam kaitannya dengan sifat fisik dasar

dalam hal pancaran permukaan dan data emisivitas. Sejak tahun 1970-an, data suhu permukaan yang diturunkan dari satelit (seperti Landsat-5 atau Landsat-8) telah digunakan untuk analisis iklim regional pada skala yang berbeda (Tran *et al.*, 2006). Landsat merupakan satu-satunya satelit resolusi sedang yang menjadi sumber data LST di seluruh dunia sejak 1972. Banyak peneliti menunjukkan suhu permukaan tanah menggunakan data Landsat-5 atau Landsat-8 (Avdan dan Jovanovska, 2016). Namun, dalam perkembangannya, muncul satelit lainnya dengan sensor yang berkemampuan mendeteksi LST, di antara adalah *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) yang ada pada satelit Terra dan Aqua.

Pembangunan daerah dan perkembangan penduduk pada umumnya mengakibatkan adanya pergantian dari komponen alami menjadi komponen buatan dengan fungsi dan karakter yang berbeda, termasuk dalam hal tingkat penyerapan dan kapasitas bahan. Pulau Jawa adalah pulau yang memiliki penduduk terbanyak di antara pulau lainnya yang ada di Indonesia. Tekanan perkembangan penduduk dan aktivitas perkotaan di Pulau Jawa, akan mengubah keseimbangan energi panas yang membedakan daerah perkotaan dengan daerah lainnya yang masih didominasi oleh unsur vegetasi dan unsur alami lainnya. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan menganalisis perubahan LST yang terjadi di Pulau Jawa yang memiliki kota-kota besar dan padat di Indonesia. Analisis LST juga diarahkan pada analisis perubahan iklim yang dikontribusi oleh aktivitas manusia.



Gambar 1-1: Lingkup studi

2 METODOLOGI

Data yang digunakan dalam analisis ini adalah data dari MODIS-Terra (MOD11C3) *Land Surface Temperature/Emissivity Monthly* yang didapatkan di website Giovanni NASA dengan periode waktu Januari 2000 sampai Desember 2018. Data ini merupakan data bulanan yang diubah menjadi data rata-rata LST tahunan. MOD11C3 versi 6 memberikan nilai-nilai suhu permukaan tanah dan emisivitas bulanan dalam 0,05 derajat garis lintang/bujur *Climate Modeling Grid* (CMG) atau 5600 meter pada garis khatulistiwa. Setiap data dari pengamatan siang dan malam yang didapat dari MOD11C3 terdiri dari data LST, perkiraan kontrol kualitas, waktu pengamatan, dan kondisi langit. Data LST yang didapatkan berupa data dalam *time series* dengan satuan Kelvin yang kemudian dikonversi menjadi derajat Celcius.

Data bulanan yang diproses menjadi data rata-rata seluruh periode. Analisis musiman juga dilakukan untuk melihat pengaruh perubahan musim terhadap LST. Analisis data musiman yang direntang dari tahun 2000-2018 adalah data rata-rata dari 18 tahun dilihat dengan periode Desember-Januari-Februari (DJF), Maret-April-Mei (MAM), Juni-Juli-Agustus (JJA) dan September-Oktober-November (SON). Visualisasi data dilakukan dengan bantuan aplikasi The Grid Analysis and Display System (GrADS). GrADS merupakan *software* interaktif yang

digunakan untuk memanipulasi dan visualisasi data sains kebumihan secara mudah. GrADS dapat diperoleh dari internet secara bebas di <http://grads.iges.org/grads/downloads.html>.

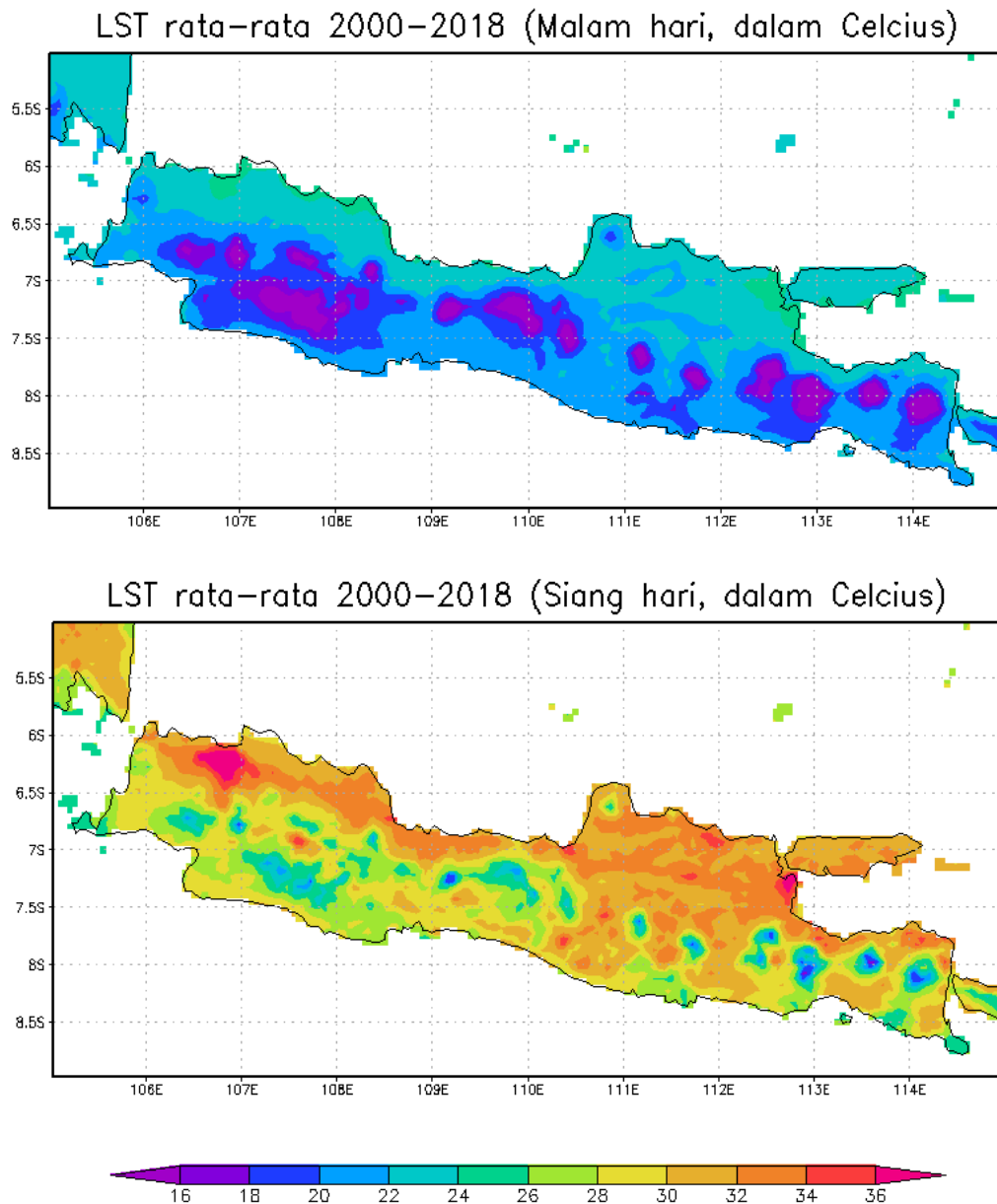
Dengan menggunakan GrADS, dilakukan pemotongan data sesuai lingkup studi Pulau Jawa (Gambar 1-1), dan kemudian melakukan visualisasi dengan interval nilai dan warna tertentu.

3 HASIL PEMBAHASAN

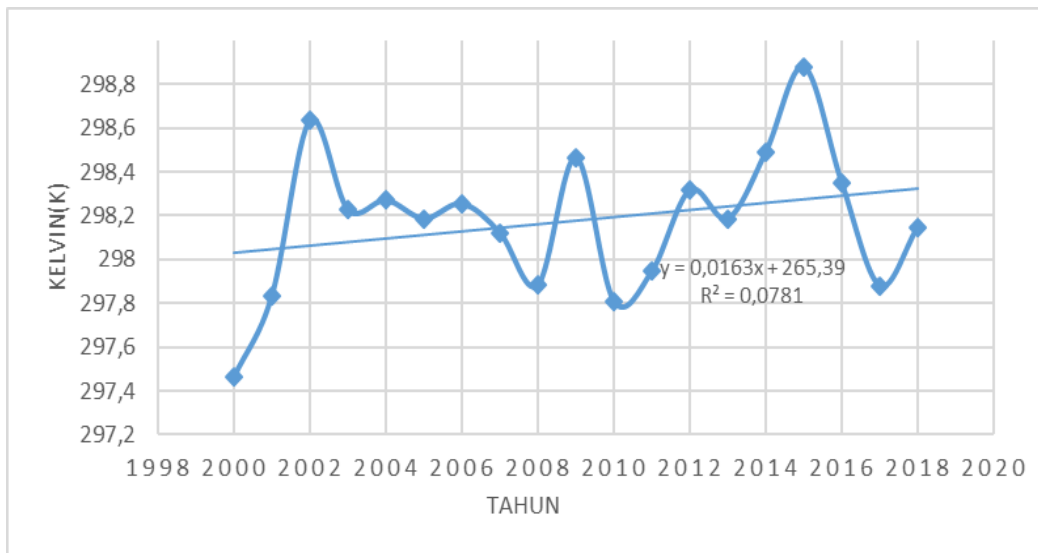
Gambar 3-1 merupakan ilustrasi rata-rata LST seluruh periode mulai dari tahun 2000 sampai tahun 2018 untuk Pulau Jawa. Dari ilustrasi yang diamati, terlihat adanya variasi spasial dari LST yang cukup besar. Secara umum, wilayah utara Pulau Jawa menunjukkan LST yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah selatan. Hal ini sangat berkaitan dengan perkembangan penduduk yang cenderung lebih cepat terjadi di utara Pulau Jawa, yang berakibat pada perubahan guna lahan serta karakter fisik lainnya. Implikasi perubahan kepadatan penduduk dan perubahan guna lahan terhadap perbedaan LST, lebih terlihat jelas pada kasus di perkotaan. Untuk wilayah perkotaan seperti DKI Jakarta, Bandung, Semarang, dan Surabaya, memiliki perubahan suhu permukaan tanah yang tidak terlalu jauh dan memiliki suhu permukaan yang lebih panas dibandingkan daerah lainnya. Hal ini karena adanya perbedaan karakter

permukaan, variasi iklim, dan kondisi vegetasi di wilayah tersebut. Daerah-daerah perkotaan merupakan daerah yang didominasi infrastruktur buatan dengan daya serap kalor yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah lain yang didominasi oleh infrastruktur alami seperti vegetasi. Perbedaan suhu perkotaan yang tinggi dengan daerah di sekitarnya dikenal sebagai pulau panas perkotaan (*Urban Heat Island* atau UHI). Dalam terminologinya, terdapat *surface urban heat island*, *canopy urban heat*

island, dan *boundary layer urban heat island*. Dalam studi ini digunakan data permukaan, sehingga pulau panas yang dapat diidentifikasi adalah *surface urban heat island*. Objek yang diidentifikasi unsur-unsur yang ada di permukaan terutama vegetasi dan tanah, sehingga UHI terlihat lebih jelas pada siang hari seperti yang dapat diamati pada Gambar 3-1. Hal ini karena objek tanah dan vegetasi sangat sensitif terhadap perubahan energi yang diterimanya, dalam hal ini energi radiasi matahari.



Gambar 3-1: LST Pulau Jawa pada tahun 2000-2018 pada malam hari (atas) dan siang hari (bawah), dalam derajat Celcius



Gambar 3-2: Land Surface Temperature Pulau Jawa dari tahun 2000-2018

Apabila dibuat rata-rata spasialnya, dapat diketahui bahwa LST rata-rata harian di Pulau Jawa dari tahun 2000 sampai tahun 2018 terus mengalami peningkatan (Gambar 3-2) sebesar 0,0163 K per tahun, atau sekitar 0,3 K dalam 18 tahun yang dianalisis. Hal ini disebabkan oleh dua faktor, yaitu adanya perubahan guna lahan yang menyebabkan adanya penyerapan panas yang lebih tinggi dan adanya peningkatan radiasi total yang sampai di permukaan. Dalam hal penerimaan radiasi, sirkulasi atmosfer regional sangat berpengaruh. Pada saat terjadi *Southern Oscillation Index* (SOI) positif yang mengindikasikan terjadinya *La Nina* pada tahun 2010-2011, LST Pulau Jawa mengalami penurunan sampai di bawah 297 K. Sebaliknya, pada saat SOI negatif yang mengindikasikan terjadinya *El-Nino* pada tahun 2015, LST Pulau Jawa mengalami peningkatan yang mencapai lebih dari 298 K. Peningkatan tutupan awan yang terjadi selama *La Nina*, menjadi penyebab berkurangnya radiasi matahari sebagai sumber pemanasan utama bagi permukaan tanah. Penurunan dan peningkatan suhu sebesar 1 K pada dasarnya dapat menyebabkan perubahan drastis bagi ekosistem. Dalam beberapa penelitian ditunjukkan adanya seberapa spesies

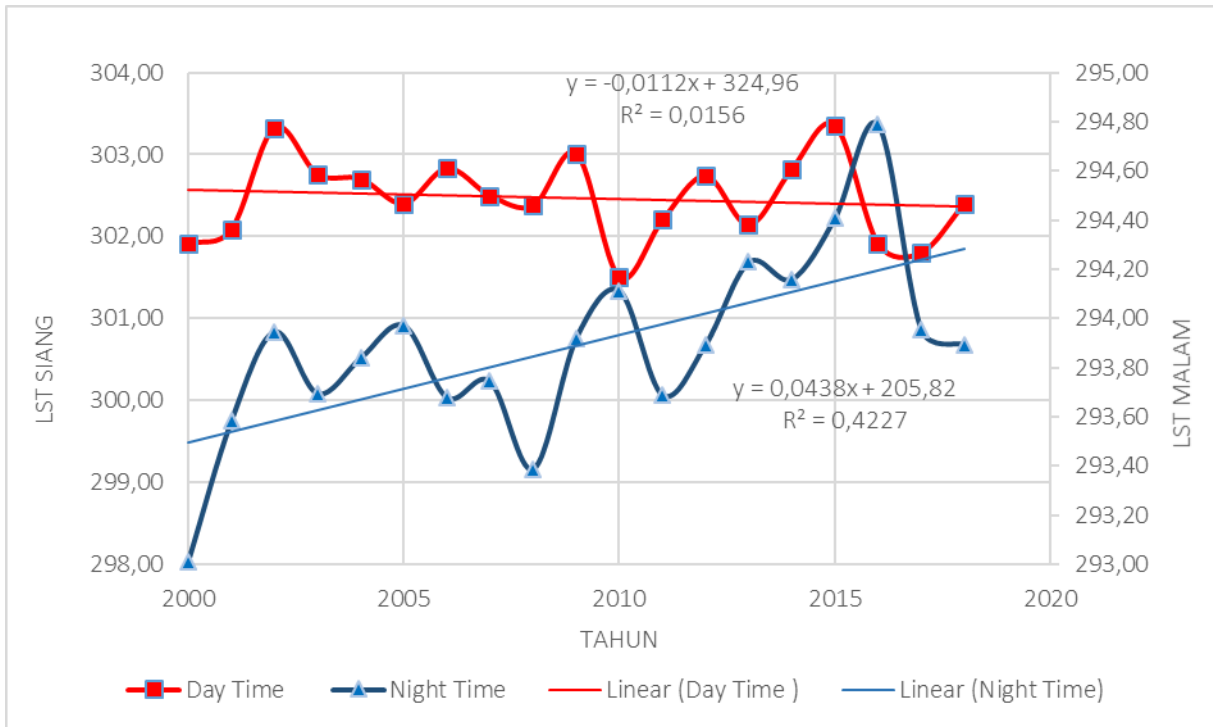
tanaman yang sangat sensitif terhadap perubahan suhu lingkungan.

Apabila dilakukan pemisahan perhitungan antara suhu siang dan malam, ternyata peningkatan LST rata-rata di Pulau Jawa didominasi oleh peningkatan LST pada malam hari. LST siang hari justru menunjukkan adanya penurunan, meskipun penurunannya relatif kecil, sekitar 0,0112 K per tahun. Hal ini tidak sebanding dengan peningkatan LST malam hari yang mencapai 0,0438 K per tahun, sehingga mendominasi keseluruhan pola yang ada (Gambar 3-3). Penurunan LST siang hari dan peningkatan LST malam hari, dapat memberikan implikasi pada mengecilnya perbedaan LST siang dan malam. Jika kondisi ini berlanjut, kondisi malam hari di Pulau Jawa berpeluang untuk menjadi panas dengan perbedaan suhu yang sangat kecil dengan kondisi suhu pada siang hari.

Selain pengamatan rata-rata suhu permukaan tanah, pemantauan secara musiman, diperlukan untuk melihat pengaruh musiman yang terjadi di Pulau Jawa terhadap suhu rata-rata permukaan lahan. Dilakukan analisis musiman untuk periode Desember-Januari-Februari (DJF), Maret-April-Mei (MAM), Juni-Juli-Agustus (JJA) dan September-Oktober-November (SON).

Pada Gambar 3-4 merupakan ilustrasi rata-rata suhu permukaan tanah di pulau Jawa. Suhu rata-rata permukaan lahan memiliki nilai yang lebih tinggi di periode musim SON. Perbedaannya yang cukup jauh sebesar 2 K dibandingkan

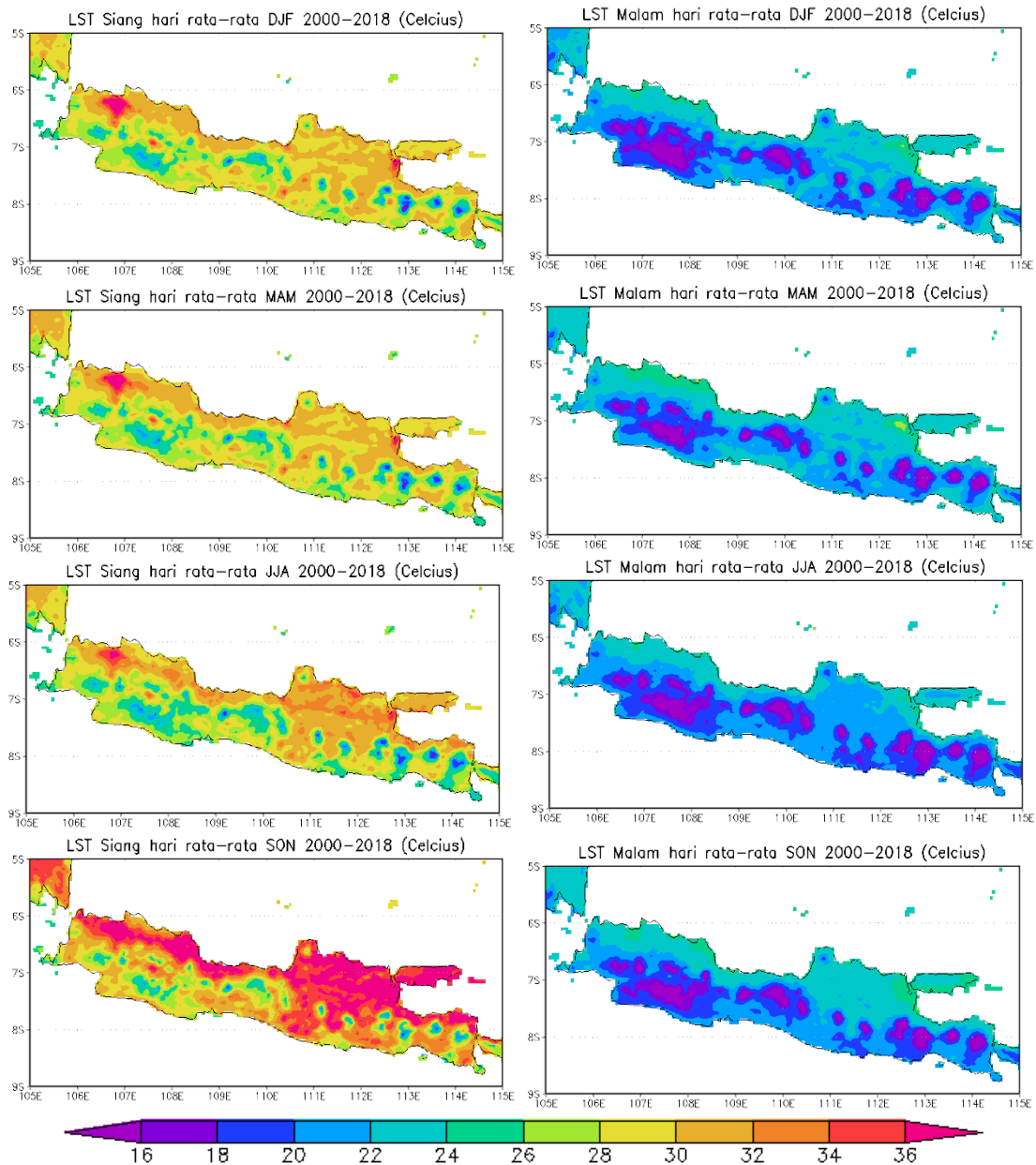
dengan periode lainnya. SON di Indonesia memiliki suhu yang lebih tinggi karena pada 3 bulan tersebut peralihan musim dari musim kemarau ke musim penghujan.



Gambar 3-3: Land Surface Temperature Pulau Jawa dari tahun 2000-2018

Tabel 3-1: LST PERIODE MUSIMAN DI PULAU JAWA

	Suhu rata-rata permukaan lahan	
	Kelvin	Celcius
DJF	297.8743	24.8743
MAM	297.7081	24.7081
JJA	297.2082	24.2082
SON	299.9181	26.9181



Gambar 3-4: LST rata-rata tahun 2000-2019 di Pulau Jawa dan sekitarnya

4 PENUTUP

Dari hasil analisis yang dilakukan dengan menggunakan data MODIS-Terra MOD11C3 versi 6 dari tahun 2000 sampai 2018, dapat disimpulkan suhu rata-rata permukaan lahan di Pulau Jawa dan sekitarnya memiliki perubahan suhu yang besarnya $\pm 0,3$ derajat. Beberapa bagian Pulau Jawa memiliki suhu yang tidak jauh berbeda dari tahun ke tahun. Untuk daerah yang memiliki suhu lebih tinggi dibanding dengan daerah lainnya, daerah tersebut merupakan daerah perkotaan atau perubahan fungsi lahan

dari daerah vegetasi menjadi daerah non-vegetasi.

Pengaruh musim juga memperlihatkan perbedaan suhu permukaan tanah yang berbeda tiap periode musimnya. Periode musim SON merupakan periode yang memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan periode musim lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada rekan-rekan Poklit yang telah bersedia berdiskusi untuk penyelesaian tulisan ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Avdan, U., Jovanovska, G., 2016. *Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data*, Journal of Sensors, Article ID 1480307, 8 pages,. doi:10.1155/2016/1480307.
- Becker, F. and Li, Z.L., 1990. *Temperature-Independent Spectral Indices in Thermal Infrared Bands. Remote Sensing of Environment*, 32, 17-33. [http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257\(90\)90095-4](http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(90)90095-4).
- Faridah, S. A. N. dan A. Krisbiantoro, 2014. *Analisis Distribusi Temperatur Permukaan Tanah Wilayah Potensi Panas Bumi Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh Di Gunung Lamongan, Tiris-Probolinggo, Jawa Timur*.
- Kantarci, M. D., 2006. *Effects of climate change and aridity on Ergene River basin water productivity*. In: International conference on climate change and Middle East: Past, present and future (pp. 246-258). Istanbul, Turkey, 20-23 November 2006.
- Orhan, O., Ekercin, S., Dadaser-Celik, F., 2014. *Use of Landsat Land Surface Temperature and Vegetation Indices for Monitoring Drought in the Salt Lake Basin Area, Turkey*, The Scientific World Journal, doi:10.1155/2014/142939.
- Penny D., Kealhofer L., 2005. *Microfossil Evidence of Land-Use Intensification in North Thailand*. J Archaeol, doi: 10.1016/j.jas.2004.07.002.
- Prasasti, I., Sambodo, K., A., Carolita, I., 2007. *Pengkajian Pemanfaatan Data TERRA-MODIS untuk Ekstraksi Data Suhu Permukaan Lahan (SPL) Berdasarkan Beberapa Algoritma*. Jurnal Penginderaan Jauh LAPAN, 1-8.
- Srivastava, A. K., M. Rajeevan and S. R., Kshirsagar, 2009. *Development of a High Resolution Daily Gridded Temperature Data Set (1969-2005) for the Indian Region*. Atmospheric Science Letters, Atmos. Sci. Let. 10: 249-254, DOI: 10.1002/asl.232.
- Tran, Hung, D. Uchiyama, S. Ochi, Y. Yasuoka, 2006. *Assessment with Satellite Data of the Urban Heat Island Effects in Asian Mega Cities*, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation Volume 8, Issue 1, Pages 34-48.
- Yan, Y.-B., R.-Q. Zhang, and H.-M. Zhou, 2002. *Biphasic Reductive Unfolding of Ribonuclease a is Temperature Dependent*. Eur. J. Biochem. 269:5314-5322.
- Yıldırım M, Kılıç H, Kendal E, Karahan T., 2011. *Applicability of Chlorophyll Meter Readings as Yield Predictor in Durum Wheat*. J. Plant Nutr., 34(2): 151-164.