

ANALISIS PENGARUH SUHU PERMUKAAN LAHAN TERHADAP ELEMEN IKLIM MIKRO DI SURAKARTA MENGUNAKAN CITRA PENGINDERAAN JAUH MULTITEMPORAL

(*Impact Analysis of Land Surface Temperature on Micro-Climate Elements in Surakarta
Using Multitemporal Remote Sensing Imagery*)

Siti Zahrotunisa¹, Retnadi Heru Jatmiko², dan Wirastuti Widyatmanti²

¹Badan Informasi Geospasial

²Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

Jl. Raya Jakarta- Bogor KM.46 Cibinong, Kab. Bogor, Indonesia, 16911

E-mail: siti.zahrotunisa95@gmail.com

Diterima: 10 September 2019; Direvisi: 26 Maret 2020; Disetujui untuk Dipublikasikan: 22 April 2020

ABSTRAK

Perubahan penutup lahan seperti ekspansi lahan terbangun berpotensi untuk mengalami peningkatan suhu permukaan lahan dan perubahan elemen iklim mikro yang menyebabkan penurunan kenyamanan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan data penginderaan jauh untuk memperoleh parameter penutup lahan dan suhu permukaan lahan serta mengkaji pengaruh suhu permukaan lahan terhadap elemen iklim mikro (suhu udara, kelembapan udara relatif, dan kecepatan angin). Data penginderaan jauh yang digunakan adalah citra Landsat-8 OLI/TIRS, Aqua MODIS perekaman tanggal 19 Juli 2013 dan 23 Juni 2015. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah klasifikasi *Maximum Likelihood*, *Split Windows Algorithm* (SWA), *Inverse Distance Weighted* (IDW), dan pengukuran di lapangan. Analisis statistik yang digunakan adalah korelasi *Pearson Product Moment*, regresi, *Confusion Matrix*, dan *RMS Difference*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, data penginderaan jauh dapat digunakan untuk memperoleh informasi yang akurat untuk penutup lahan dengan akurasi 92% serta suhu permukaan lahan dengan dengan nilai *RMS* 5,8°C dan 4,8°C. Suhu permukaan lahan dengan suhu udara dan kelembapan udara tahun 2015 memiliki hubungan yang kuat dan signifikan, sementara dengan kecepatan angin memiliki hubungan yang rendah dan tidak signifikan. Selain itu, hubungan pada tahun 2013 lebih rendah dibandingkan tahun 2015.

Kata kunci: penutup lahan, suhu permukaan lahan, *Split Windows Algorithm*, elemen iklim mikro

ABSTRACT

Land cover changes such as an expansion of built-up area potentially increasing degree of land surface temperature and micro-climate elements changes that impact the decrease in comfort. The objectives of this research are to know the capability of remote sensing in the acquisition of land cover, surface temperature and study the effect of surface temperature on micro-climate elements. The remote sensing data used are Landsat-8 OLI / TIRS, Aqua MODIS images on July 19, 2013 and June 23, 2015. The method used in this research is the Maximum Likelihood Classification, Split Windows Algorithm (SWA), Inverse Distance Weighted (IDW), and field measurements. Statistical analysis used in this research is Pearson Product Moment correlation, regression, confusion matrix. The results showed that remote sensing data can be used to obtain accurate information for land cover with an accuracy of 92% and land surface temperature with RMS values of 5.8°C and 4.8°C. Land surface temperature with air temperature and humidity in 2015 has a strong and significant relationship, while the wind speed has a low and insignificant relationship. Furthermore, the relationship in 2013 was lower than in 2015.

Keywords: land cover, land surface temperature, *Split Windows Algorithm*, micro-climate elements

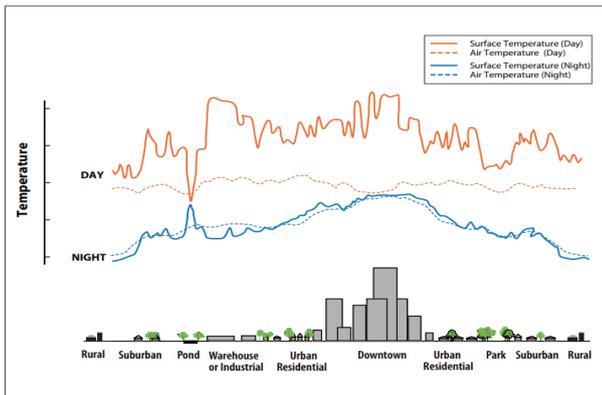
PENDAHULUAN

Daerah perkotaan merupakan pusat kegiatan yang pertumbuhan fisiknya sangat dinamis (Muta'ali, 2011). Perkembangan perkotaan yang sering terjadi adalah perkembangan lahan terbangun akibat proses ekspansi yakni perubahan tutupan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun (Suharyadi, 2010). Proses ekspansi tersebut dapat berdampak pada hilangnya lahan yang memiliki fungsi lindung, budidaya, dan ekologis sehingga dapat mengakibatkan

permasalahan lingkungan. Perubahan penutup lahan mempengaruhi perubahan penggunaan lahan yang mengakibatkan perubahan suhu permukaan lahan (Jatmiko, 2016), semakin berkurangnya tutupan vegetasi mengakibatkan peningkatan suhu permukaan lahan (Fadhilah, 2012). Tingginya suhu permukaan di perkotaan menyebabkan berkembangnya penggunaan pendingin udara yang berdampak pada meningkatnya suhu atmosfer (Azeem et al. 2016).

Suhu permukaan lahan di perkotaan yang lebih tinggi daripada daerah pedesaan disebut dengan

Pulau Bahang (*Urban Heat Island/UHI*) (Xie & Zhou, 2015). Faktor yang mempengaruhi UHI adalah perbedaan penggunaan lahan di daerah perkotaan yang didominasi dengan bangunan sedangkan di pedesaan didominasi dengan penggunaan lahan pada penutup lahan vegetasi seperti sawah, kebun, dan tegalan (Barnabe, 2008). UHI dapat mempengaruhi kesehatan dan kenyamanan penduduk perkotaan, biaya energi, ketersediaan dan kualitas air, serta kualitas udara (Prilandita, 2009). **Gambar 1.** menunjukkan sketsa profil UHI.



Gambar 1. Sketsa profil *Urban Heat Island* (UHI)
 Sumber: (Epa, 2008)

Suhu permukaan yang tinggi di kawasan perkotaan merupakan salah satu contoh dari penurunan kenyamanan (Asiani, 2007). Dapat dikatakan bahwa perkotaan yang didominasi lahan terbangun memiliki kenyamanan yang rendah karena memiliki suhu permukaan yang tinggi, sedangkan apabila suatu wilayah didominasi vegetasi maka memiliki kenyamanan yang tinggi karena memiliki suhu permukaan yang lebih rendah. Suhu permukaan lahan merupakan faktor penting dalam klimatologi karena dapat mempengaruhi suhu udara (Serban & Maftai, 2011). Suhu permukaan lahan mampu menggambarkan keadaan permukaan dan proses terkait iklim, hidrologi, ekologi, dan kesehatan manusia (Du *et al.*, 2015).

Peningkatan jumlah penduduk dan perubahan lingkungan dapat menyebabkan perubahan iklim kota (Jatmiko, 2016). Elemen iklim mikro yaitu suhu udara, kelembapan, radiasi matahari, dan curah hujan. Namun, elemen iklim yang paling berpengaruh pada kenyamanan dan mudah dalam pengukuran pada skala kota adalah suhu udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin (Asiani, 2007).

Kota Surakarta merupakan salah satu kawasan perkotaan di Provinsi Jawa Tengah yang memiliki daya tarik bagi masyarakat karena fungsi kota sebagai kota wisata, pendidikan, dan budaya (DKPS, 2014). Ketersediaan fasilitas dan perkembangan di berbagai sektor menjadi faktor penarik maupun pendorong masyarakat untuk menetap. Sehingga jumlah penduduk dan perkembangan pembangunan semakin meningkat.

Jumlah penduduk Kota Surakarta dari tahun 2011 hingga 2014 mengalami peningkatan sebanyak 49.538 jiwa (BPS, 2014). Peningkatan jumlah penduduk tersebut seiring dengan meningkatnya luas lahan terbangun. Luasan lahan terbangun seperti pada permukiman, industri dan perusahaan dari tahun 2010 hingga 2013 mengalami peningkatan (DKPS, 2014). Permukiman mengalami peningkatan seluas 62,59 ha, perusahaan seluas 19,6 ha industri seluas 0,23 ha, sedangkan vegetasi seperti sawah mengalami penurunan luas sebesar 39,6 ha dan tegalan seluas 16,74 ha.

Kondisi tutupan lahan di Kota Surakarta yang didominasi dengan lahan terbangun dibandingkan dengan kabupaten di sekitarnya yang masih dominan vegetasi diduga menyebabkan terjadinya fenomena UHI seperti yang ditampilkan pada **Gambar 1.** Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis pengaruh suhu permukaan lahan terhadap elemen iklim mikro di Surakarta. Citra Landsat 8 saluran termal dan Aqua MODIS digunakan untuk memperoleh informasi suhu permukaan lahan menggunakan metode *Split Windows Algorithm* (SWA) (Rozenstein *et al.*, 2014). SWA dapat meminimalisir pengaruh atmosfer berupa uap air yang diterima oleh citra Landsat 8 saluran 10 dan 11 menggunakan Aqua MODIS

METODE

Penelitian dilakukan di Kota Surakarta dan sekitarnya yang merupakan bagian dari wilayah bekas Karesidenan Surakarta. Batas wilayah penelitian yang digunakan adalah morfologi fisik perkotaan Kota Surakarta dan wilayah *peri urban* di sekitarnya meliputi sebagian Kabupaten Boyolali, sebagian Kabupaten Karanganyar, dan sebagian Kabupaten Sukoharjo dengan luas mencapai 175,5 km². Daerah kajian pada penelitian ini terletak pada posisi 472983mT– 487914mT dan 9157732mU – 9169453mU.

Data penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat-8 OLI/TIRS dan Aqua MODIS perekaman tanggal 19 Juli 2013 dan 23 Juni 2015 yang telah terkoreksi geometrik dan radiometrik. Citra Landsat 8 TIRS dan Aqua MODIS digunakan untuk memperoleh informasi suhu permukaan lahan menggunakan metode *Split Windows Algorithm* (SWA). Citra Landsat-8 OLI digunakan untuk memperoleh informasi penutup lahan menggunakan metode klasifikasi *Maximum Likelihood*. SWA memerlukan tiga parameter berupa emisivitas dari hasil klasifikasi penutup lahan, transmisi atmosferik dari Aqua MODIS saluran 2, 5, 17, 18, dan 19 serta suhu kecerahan dari Landsat 8 TIRS. Aqua MODIS digunakan untuk mendapatkan nilai uap air yang dikonversi menjadi transmisi atmosferik.

Peta elemen iklim tahun 2015 memanfaatkan pengukuran data di lapangan yang diinterpolasi, sedangkan peta elemen iklim tahun 2013 diperoleh berdasarkan pendugaan dari regresi pengukuran

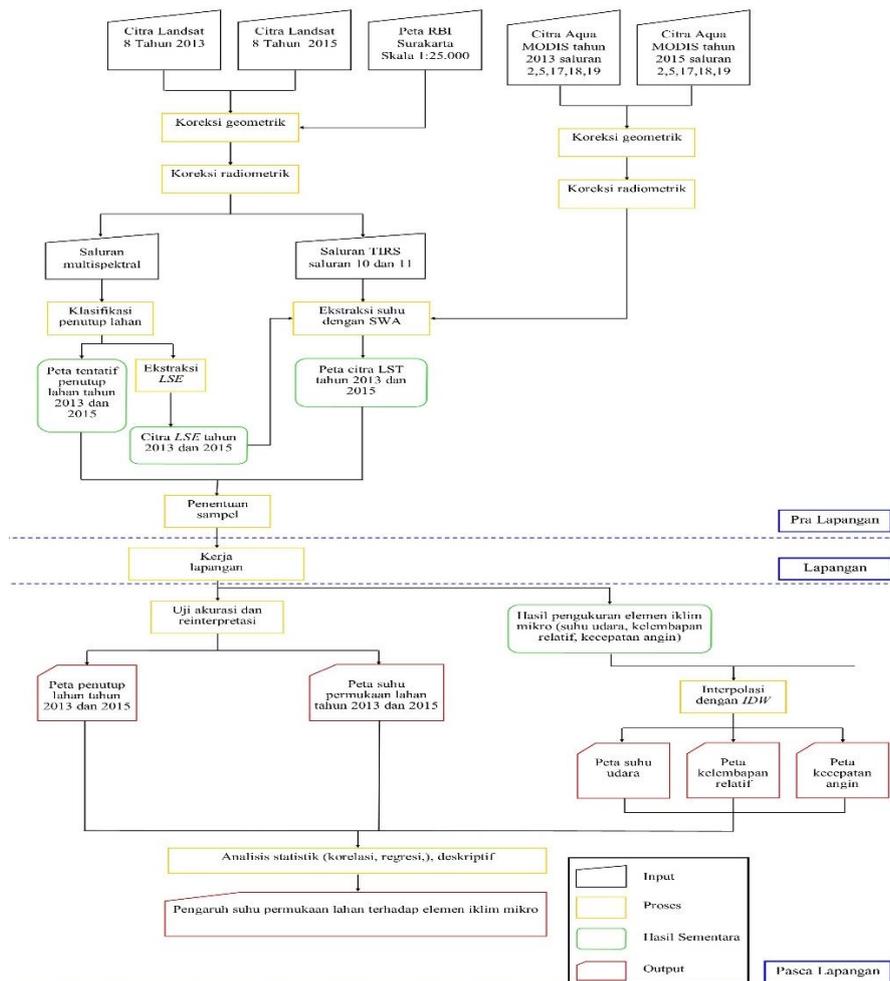
elemen iklim dengan suhu permukaan lahan. Teknik interpolasi yang digunakan adalah IDW (*Inverse Distance Weighted*), yaitu teknik interpolasi yang mempertimbangkan titik di sekitarnya (Bolstad, 2008). Nilai dari interpolasi yakni elemen iklim akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada yang jauh. Bobot (*weight*) tidak dipengaruhi oleh letak dari data sampel, seperti topografi tidak akan berpengaruh dan akan berubah secara linier sesuai jarak pada data sampel (Bolstad, 2008).

Kegiatan lapangan dilakukan pada tahun 2017, sehingga pengecekan lapangan dilakukan pada objek yang tidak mengalami perubahan, sedangkan objek yang mengalami perubahan dilakukan pengecekan melalui wawancara pada warga sekitar. Kegiatan lapangan dilakukan untuk pengecekan hasil ekstraksi penutup lahan, pengukuran suhu permukaan lahan menggunakan alat termometer *infrared* dan pengukuran elemen iklim mikro menggunakan *weathermeter*. Pengukuran suhu permukaan lahan di lapangan dilakukan pada waktu sesuai dengan jam perekaman citra. Pengukuran elemen iklim mikro dilakukan pada waktu-waktu terjadinya fluktuasi suhu dan kelembapan yaitu pada pukul 06.00-07.00, 13.00-14.00, dan 16.00-17.00. Pengukuran dilakukan pada ketinggian 1,5-2 m dari permukaan

tanah, karena pada ketinggian tersebut merupakan lapisan udara dasar pada lapisan troposfer.

Kegiatan lapangan mengacu pada 60 titik sampel yang telah ditentukan sebelumnya menggunakan metode *stratified purposive sampling*. Penentuan sampel berdasarkan pada klasifikasi penutup lahan karena untuk suhu permukaan lahan setiap penutup lahan memiliki nilai emisivitas yang berbeda dan tiap kelas penutup lahan memiliki kondisi elemen iklim mikro yang berbeda.

Metode uji akurasi yang digunakan adalah *Confusion Matrix* untuk penutup lahan, di mana semakin tinggi persentase akurasi keseluruhan maka semakin akurat informasi yang diperoleh. Metode uji akurasi dengan *RMS difference* digunakan untuk suhu permukaan lahan, di mana semakin kecil nilai *RMS* maka informasi yang diperoleh semakin akurat (Hadi et al., 2012). Seluruh parameter selanjutnya dianalisis menggunakan analisis statistik (*Pearson Product Moment* dan regresi) untuk mengetahui hubungan, arah dan besar pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Analisis diskriptif juga dilakukan untuk melihat sebaran dan perubahannya. **Gambar 2.** menunjukkan diagram alir penelitian.



Gambar 2. Diagram alir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Informasi penutup lahan diperoleh dari hasil klasifikasi multispektral *Maximum Likelihood* menggunakan citra Landsat-8 komposit 562 perekaman 19 Juli 2013 dan 23 Juni 2015. Skema klasifikasi yang digunakan mengacu pada (Jensen, 2014) dapat dilihat pada Tabel 1, yakni klasifikasi penutup lahan untuk emisivitas karena digunakan untuk ekstraksi suhu permukaan lahan, namun tetap mempertimbangkan klasifikasi berdasar skala peta yaitu 1: 50.000.

Tabel 1. Emisivitas berdasarkan penutup lahan.

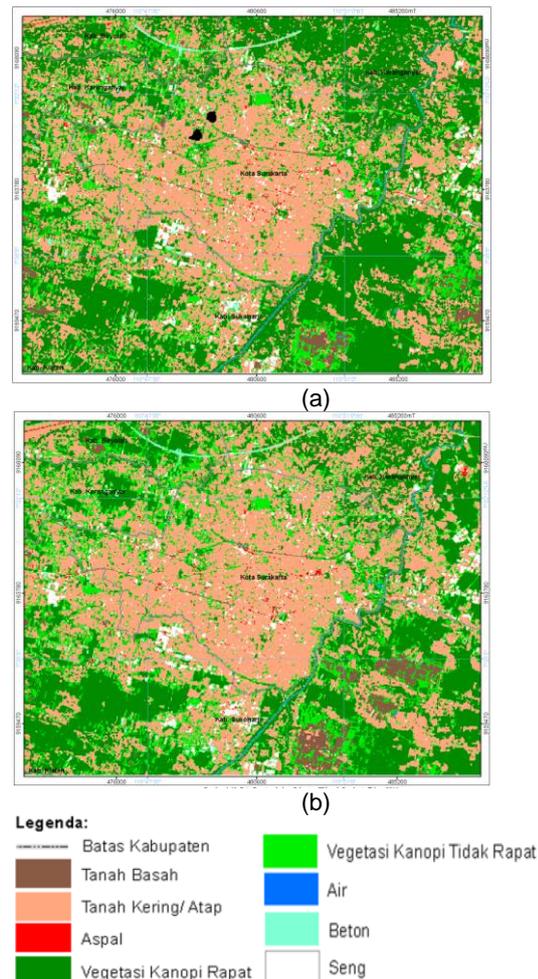
Penutup Lahan	Emisivitas
Vegetasi kanopi rapat	0,98
Vegetasi kanopi tidak rapat	0,96
Atap genteng	0,92
Seng	0,90
Beton	0,90
Tanah basah	0,95
Tanah kering	0,92
Air	0,98
Aspal	0,95

Sumber: (Jensen, 2014)

Klasifikasi *Maximum Likelihood* memanfaatkan nilai *Region of Interest* (ROI) pada objek yang diklasifikasikan. Pengambilan ROI tipe titik pada piksel murni dilakukan secara visual dari citra Landsat-8 komposit 562 tahun 2013 dan 2015 yang sudah terkoreksi. Hasil uji akurasi klasifikasi penutup lahan tahun 2013 dan 2015 terhadap hasil pengecekan di lapangan menggunakan *Confusion Matrix* diperoleh nilai akurasi keseluruhan sebesar 92%. Persentase akurasi keseluruhan keduanya menunjukkan bahwa hasil klasifikasi multispektral penutup lahan memiliki akurasi yang baik. Hasil klasifikasi penutup lahan dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Kondisi penutup lahan sebagian wilayah Surakarta pada tahun 2013 dan 2015 cenderung hampir sama terutama pada penutup lahan berupa lahan terbangun di Kota Surakarta. Kondisi penutup lahan yang berbeda pada kedua tahun terjadi pada penutup lahan vegetasi di pinggiran Kota Surakarta yaitu di Kabupaten Sukoharjo dan Kabupaten Karanganyar bagian timur. Kabupaten Sukoharjo didominasi dengan penggunaan lahan sawah. Berdasarkan hasil klasifikasi, objek sawah dikelompokkan menjadi tiga kelas penutup lahan yaitu vegetasi kanopi rapat, vegetasi kanopi tidak rapat, dan tanah basah. Perbedaan kondisi objek sawah tersebut disebabkan karena waktu perekaman citra yang berbeda sehingga kondisi di lapangan juga berbeda. Kabupaten Karanganyar sebelah timur pada tahun 2013 memiliki tutupan vegetasi kanopi rapat yang cukup luas, namun pada tahun 2015 luasannya berkurang dan berubah menjadi lahan terbangun berupa genteng/tanah kering meningkat menjadi 4,239 km² dan beton 0,737 Km². Berdasarkan kegiatan lapangan yang telah dilakukan, pada area tersebut terjadi

pembukaan lahan vegetasi untuk keperluan pembangunan jalan tol dan permukiman.

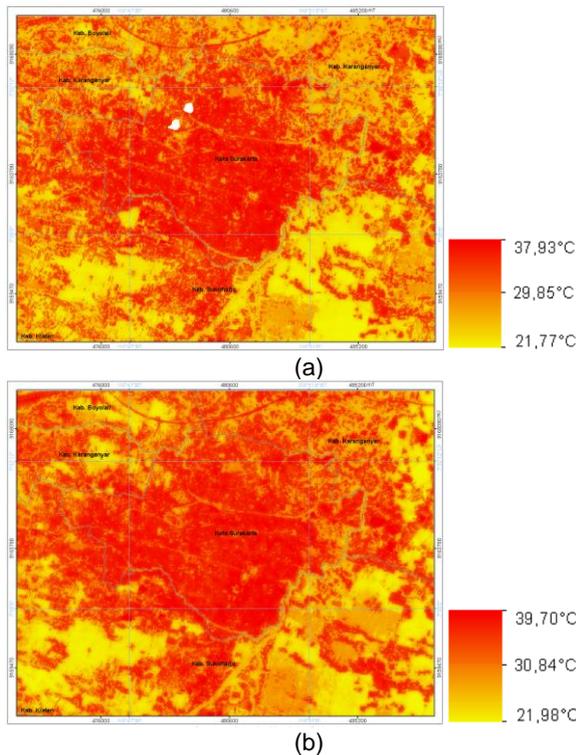


Gambar 3. Penutup lahan sebagian wilayah Surakarta tahun 2013 (a) dan 2015 (b).

Informasi penutup lahan digunakan untuk memperoleh parameter emisivitas sebagai salah satu parameter dalam ekstraksi suhu permukaan lahan metode SWA. Parameter lain yang digunakan untuk ekstraksi suhu permukaan lahan adalah transmisi atmosferik dan suhu kecerahan. Transmisi atmosferik diperoleh dari pengolahan citra Aqua MODIS terkoreksi saluran 2, 5, 17, 18 dan 19. Suhu kecerahan diperoleh dari pengolahan Landsat-8 TIRS saluran 10 dan 11. **Gambar 4** berikut menunjukkan suhu permukaan lahan di Kota Surakarta.

Gambar 4. menunjukkan bahwa suhu permukaan lahan pada tahun 2013 dan 2015 di sebagian wilayah Surakarta memiliki kondisi yang hampir sama. Suhu permukaan lahan pada 19 Juli 2013 adalah 21,76°C-37,93°C, dan suhu permukaan lahan pada 23 Juni 2015 adalah 21,98°C-39,69°C. Hasil tersebut dikarenakan perubahan penutup lahan tidak terlalu signifikan. Kota Surakarta dan kabupaten sekitarnya pada penutup lahan berupa lahan terbangun seperti permukiman, pabrik, sepanjang jalan arteri memiliki suhu permukaan lahannya >30°C. Sedangkan suhu permukaan lahan <30°C dominan tersebar di

Kabupaten Sukoharjo yang memiliki tutupan vegetasi lebih luas dibandingkan dengan lahan terbangun.



Gambar 4. Suhu Permukaan lahan sebagian wilayah Surakarta tahun 2013 (a) dan 2015 (b).

Pada tahun 2015 suhu permukaan lahan tinggi dominan ada di bagian tengah hingga utara. Kabupaten Karanganyar bagian timur didominasi dengan suhu permukaan lahan >30°C karena pada area tersebut terjadi alih fungsi lahan dari non terbangun menjadi terbangun untuk pembuatan tol jalan. Berbeda dengan kondisi di tahun 2013, pada area tersebut belum terjadi alih fungsi lahan karena belum adanya pembangunan jalan tol.

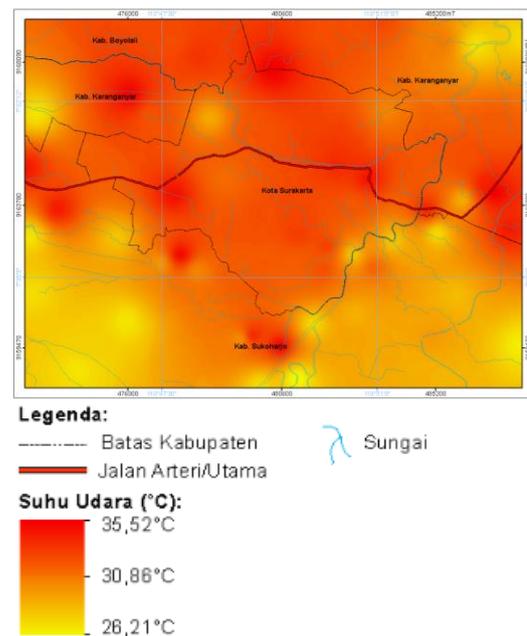
Hasil uji validasi ekstraksi suhu permukaan lahan dengan data pengukuran suhu permukaan lahan menunjukkan bahwa persentase rerata akurasi keseluruhan cukup tinggi yaitu lebih dari 80%, sehingga hasil ekstraksi dapat digunakan untuk analisis selanjutnya. Hasil ekstraksi suhu permukaan lahan tahun 2015 memiliki persentase akurasi lebih besar yaitu 89,0891% dibandingkan tahun 2013 yaitu sebesar 85,1747%. Hal tersebut dikarenakan jarak dengan waktu pengukuran yang tidak terlalu jauh yakni tahun 2017. Selain itu, berdasarkan pengecekan penutup lahan tahun 2015 di lapangan menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan penutup lahan yang signifikan terutama pada lahan terbangun.

Akurasi hasil ekstraksi suhu permukaan lahan juga dilakukan menggunakan RMS *Difference* diperoleh nilai sebesar 5,8°C untuk tahun 2013 dan 4,8°C tahun 2015. Semakin kecil nilai RMS *Difference* maka dapat dikatakan semakin akurat suhu permukaan yang dihasilkan dari ekstraksi Landsat-8 TIRS dan Aqua MODIS menggunakan metode SWA. Nilai RMS *Difference* tersebut relatif

kecil sehingga dapat dikatakan bahwa hasil ekstraksi suhu permukaan lahan akurat.

Pengaruh suhu permukaan lahan terhadap elemen iklim mikro (suhu udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin) dianalisis berdasar unit analisis yang sama yaitu penutup lahan. Data elemen iklim mikro merupakan data pengukuran tahun 2017 yang digunakan untuk dianalisis dengan data suhu permukaan lahan tahun 2015. Kondisi elemen iklim mikro pada tahun 2017 dianggap mewakili kondisi pada tahun 2015 karena berdasarkan wawancara dan pengecekan di lapangan yang dilakukan menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan penutup lahan yang signifikan.

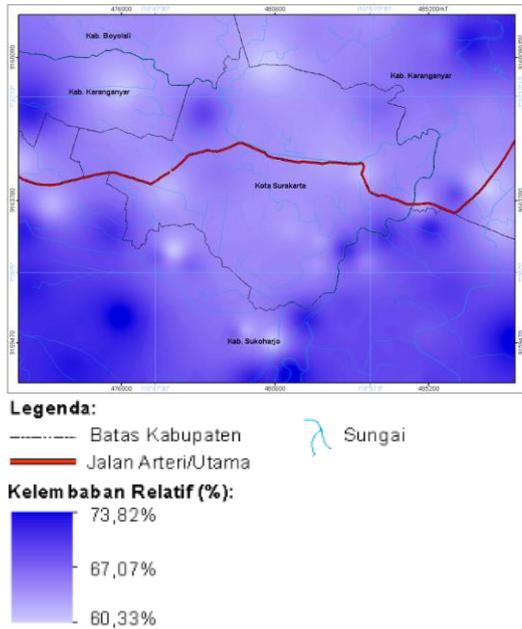
Pengukuran dilakukan saat terjadi fluktuasi suhu dan kelembapan yang signifikan, sehingga perbedaan suhu dan kelembapan udara dapat diketahui dengan pasti, yaitu pada pukul 06.00-07.00, 13.00-14.00, dan 16.00-17.00. Metode yang digunakan dalam pengukuran ini adalah observasi bergerak, yaitu pengukuran yang dilakukan dalam waktu singkat pada tiap titik sampel menggunakan alat bantu. Setiap titik sampel dilakukan dua kali pengukuran untuk memperoleh data pengukuran yang konsisten. Kondisi suhu udara di sebagian wilayah Surakarta tahun 2017 memiliki rentang 26,21°C -35,52°C dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Distribusi suhu udara sebagian wilayah Surakarta tahun 2017.

Berdasarkan **Gambar 5**, diketahui bahwa pada tahun 2017 suhu udara tinggi memusat di Kota Surakarta dan menyebar mengikuti jaringan jalan serta lahan terbangun, sedangkan semakin menjauh dari kota Surakarta suhu udara semakin rendah. Kota Surakarta didominasi dengan lahan terbangun seperti permukiman, jalan, dan pabrik sehingga memiliki tutupan vegetasi seperti ruang terbuka hijau yang lebih sedikit dibanding dengan lahan terbangun. Selain itu, terdapat jalan arteri di lokasi penelitian di bagian timur hingga selatan. Jalan tersebut dilalui oleh berbagai kendaraan

termasuk kendaraan berat dan bis yang menghasilkan gas CO₂. Gas CO₂ apabila bercampur dengan udara dapat menyebabkan menurunnya kadar uap air sehingga mengakibatkan kelembapan udara juga menurun.



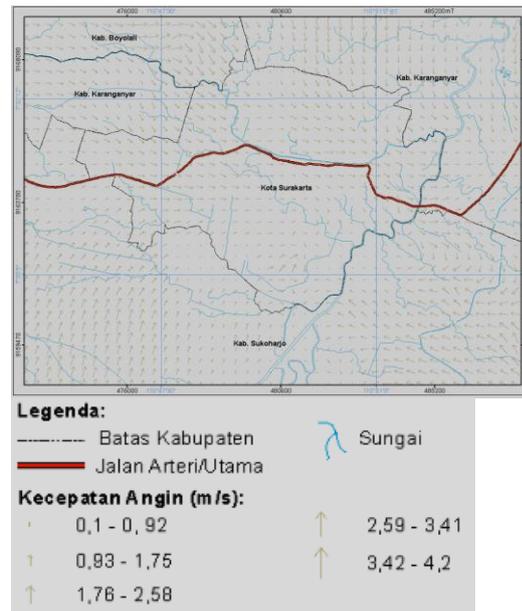
Gambar 6. Distribusi kelembapan udara sebagian wilayah Surakarta tahun 2017.

Gambar 6. menunjukkan bahwa pada tahun 2017 sebagian wilayah Surakarta memiliki kondisi kelembapan udara yang beragam mulai dari rendah hingga tinggi. Kondisi kelembapan udara di lokasi penelitian berkebalikan dengan suhu udara. Area yang memiliki suhu udara tinggi maka kelembapan udaranya rendah. Sebagian wilayah Surakarta memiliki kelembapan udara yang rendah di Kota Surakarta yang menyebar hingga jaringan jalan dan lahan terbangun.

Kelembapan sangat rendah tersebar di beberapa area pada penutup lahan lahan terbangun mencakup penggunaan lahan berupa permukiman maupun industri. Penggunaan lahan industri dengan penutup lahan seng memberikan pengaruh signifikan terhadap kondisi kelembapan udara karena area pabrik yang luas dan sifat seng yang menyerap panas. Daerah pinggiran kota didominasi dengan tutupan vegetasi sehingga memiliki kondisi kelembapan udara yang tinggi. Terdapat beberapa area pinggiran kota yang memiliki kelembapan udara sedang hingga rendah. Hal tersebut karena adanya pengaruh dari perkembangan di Kota Surakarta sehingga ekspansi lahan terbangun berkembang hingga daerah pedesaan.

Kondisi kecepatan angin di sebagian wilayah Surakarta tahun 2017 dapat dilihat pada **Gambar 7**. Angin bertiup dari area yang mempunyai tekanan tinggi ke area yang bertekanan rendah, atau dari suhu rendah ke suhu tinggi (Lakitan, 2002). Berdasarkan **Gambar 7**. tersebut diketahui bahwa angin bergerak memusat ke pusat kota yaitu Kota Surakarta. Hal ini dikarenakan area yang

mempunyai suhu lebih rendah seperti di area pinggiran Kota Surakarta memiliki banyak tutupan vegetasi yang mengalirkan udara menuju area yang bersuhu tinggi. Angin bergerak dari pinggiran Kota Surakarta menuju Kota Surakarta dan kemudian bergerak ke arah timur. Di sebelah selatan dapat dilihat bahwa arah angin terlihat memutar dan mengarah ke segala arah. Angin yang mengalir menuju area tersebut akan terpecah dan terhalangi karena adanya pepohonan di sekitar Sungai Bengawan Solo dan Sungai Samin, akibatnya angin yang keluar akan mengarah ke segala arah dan menuju area yang mempunyai tekanan yang lebih rendah di sekitarnya.



Gambar 7. Distribusi kecepatan angin sebagian wilayah Surakarta tahun 2017.

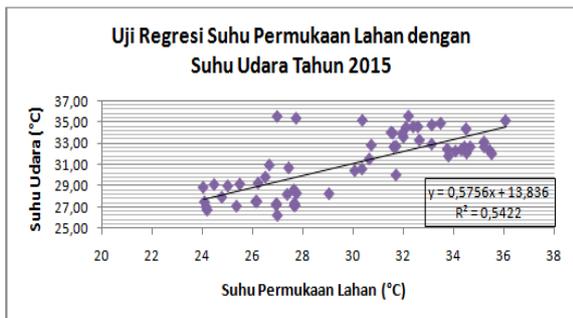
Data elemen iklim tahun 2013 diperoleh melalui pendugaan menggunakan persamaan linier yang diperoleh dari regresi antara elemen iklim (kriteum) dengan suhu permukaan lahan (prediktor) tahun 2015. Variabel kriteum dapat diramalkan menggunakan variabel prediktor dengan syarat kedua variabel memiliki hubungan dan signifikan, semakin kuat hubungan maka hasil pendugaan kriteum akan semakin baik (Hadi, 2004). Hasil korelasi *Pearson Product Moment* untuk tahun 2015 dapat dilihat di **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil uji korelasi *Pearson Product Moment* antara suhu permukaan lahan dengan elemen iklim mikro tahun 2015.

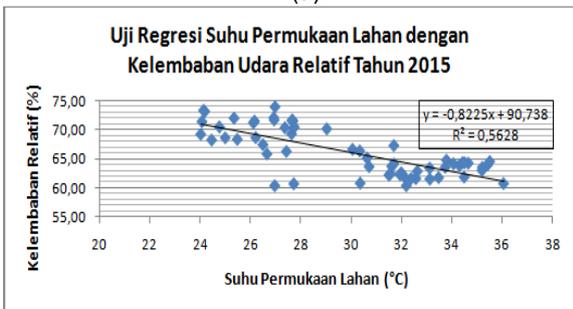
		Suhu Udara 2015	Kelembapan Udara 2015	Kecepatan Angin 2015
Suhu Permukaan Lahan 2015	<i>Pearson Correlation</i>	0,736**	-0,750**	-0,286*
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,027
	N	60	60	60

Tabel 2. menunjukkan bahwa suhu permukaan lahan memiliki hubungan yang kuat dan signifikan dengan suhu udara dan kelembapan

udara tahun 2015. Hal tersebut ditunjukkan dari nilai *Pearson Correlation* untuk variabel dependen suhu udara sebesar 0,736** dan dependen kelembapan udara -0,750** serta nilai signifikansi 0,000 (<0,005). Nilai positif pada *Pearson Correlation* untuk suhu udara menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu permukaan lahan maka semakin tinggi pula suhu udara. Nilai negatif pada *Pearson Correlation* untuk kelembapan udara menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu permukaan lahan maka semakin rendah kelembapan udara. Besar pengaruh (R^2) suhu permukaan lahan terhadap suhu udara sebesar 54,22% dan kelembapan sebesar 56,28% dapat dilihat pada **Gambar 8**. Nilai tersebut merupakan kuadrat dari nilai *Pearson Correlation*. Suhu permukaan lahan memiliki hubungan yang kuat dan signifikan dengan suhu udara dan kelembapan udara sehingga persamaan linier hasil regresi pada **Gambar 8** dapat digunakan untuk pendugaan suhu udara dan kelembapan udara tahun 2013. Distribusi suhu udara Kota Surakarta tahun 2013 dapat dilihat pada **Gambar 9**. dan kelembapan udara pada **Gambar 10**.



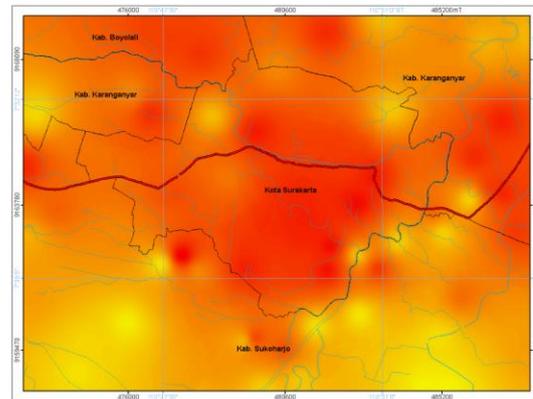
(a)



(b)

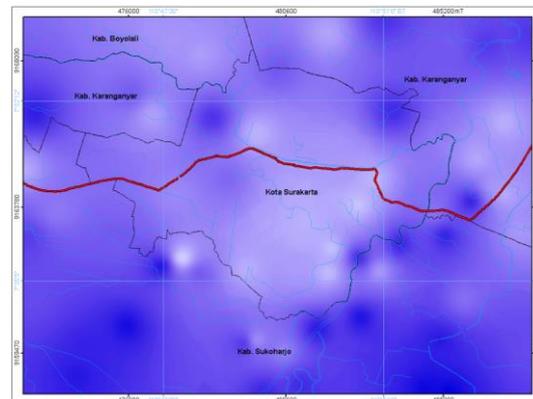
Gambar 8. Hasil uji regresi suhu permukaan lahan dengan suhu udara (a), dan kelembapan udara (b) tahun 2015.

Gambar 5. dan **Gambar 9.** menunjukkan bahwa terjadi perubahan suhu udara berupa peningkatan dari tahun 2013-2015. Kabupaten Sukoharjo yang didominasi dengan objek sawah cenderung memiliki kondisi suhu udara yang tidak berubah yaitu antara 26°C-32,02°C. Kabupaten Karanganyar bagian timur cenderung mengalami peningkatan suhu udara yang divisualisasikan dengan peningkatan kelas warna. Kota Surakarta dan sekitarnya juga mengalami peningkatan suhu udara yang sebelumnya suhu udara sebesar 30,02°C-32,02°C berubah menjadi 32,03°C-34,03°C.



Legenda:
 - - - - - Batas Kabupaten
 ——— Jalan Arteri/Utama
 Sungai
Suhu Udara (°C):
 33,78°C
 30,18°C
 26,58°C

Gambar 9. Distribusi suhu udara sebagian wilayah Surakarta tahun 2013.



Legenda:
 - - - - - Batas Kabupaten
 ——— Jalan Arteri/Utama
 Sungai
Kelembaban Relatif (%):
 72,53%
 67,39%
 62,25%

Gambar 10. Distribusi kelembapan udara sebagian wilayah Surakarta tahun 2013.

Distribusi kelembapan udara pada **Gambar 6.** dan **Gambar 10.** Menunjukkan bahwa terjadi perubahan kelembapan udara berupa penurunan dari tahun 2013-2015. Penurunan kelembapan udara pada tahun 2013 didominasi dengan nilai 68,7%-71,5% yang menurun menjadi 65,8%-68,6% dan kelembapan 65,8%-68,6% menurun menjadi 62,9%-65,7%. Penurunan kelembapan udara terjadi di sekitar Kota Surakarta. Semakin banyak vegetasi dan air maka kelembapan semakin tinggi (Malik, 2006). Oleh karena itu, daerah perkotaan memiliki kelembapan yang semakin rendah karena vegetasi semakin berkurang akibat ekspansi lahan terbangun. Terdapat area yang tidak mengalami perubahan seperti di tengah Kota Surakarta, hal tersebut sejalan dengan kondisi suhu udara di area

tersebut yang juga tidak mengalami perubahan. Perubahan suhu udara dan kelembapan udara dari tahun 2013 hingga 2015 tersebut diduga terjadi karena pengaruh dari peningkatan suhu permukaan. Untuk membuktikan asumsi tersebut maka dilakukan uji korelasi *Pearson Product Moment* antara suhu permukaan lahan dengan suhu udara tahun 2013.

Tabel 3. Hasil uji korelasi *Pearson Product Moment* antara suhu permukaan lahan dengan suhu udara dan kelembapan udara tahun 2013.

		Suhu Udara 2013	Kelembapan Udara 2013
Suhu Permukaan Lahan 2013	<i>Pearson Correlation</i>	0,552**	-0,552**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000
	N	60	60

Tabel 3. menunjukkan bahwa suhu permukaan lahan dengan suhu udara dan kelembapan udara tahun 2013 memiliki kekuatan hubungan sedang dan signifikan yang ditunjukkan dari nilai *Pearson Correlation* 0,552** dan -0,552**. Berdasarkan nilai tersebut dapat diketahui nilai pengaruh (R^2) suhu permukaan lahan terhadap suhu udara dan kelembapan udara tahun 2013 sebesar 30,47%. Kekuatan hubungan tahun 2013 lebih rendah dibandingkan dengan tahun 2015. Salah satu syarat yang harus dipenuhi agar diperoleh tingkat hubungan yang sama adalah terdapat hubungan yang sangat kuat dan signifikan pada variabel dependen dan independen yang datanya sudah diketahui. Sehingga dapat diperoleh persamaan linier yang mampu menghasilkan data pendugaan yang lebih sesuai. Akurasi hasil pengukuran suhu permukaan lahan dan elemen iklim mikro tahun 2015 dapat ditingkatkan dengan cara memperbanyak titik sampel dan melakukan banyak perulangan pengukuran sehingga diperoleh nilai yang konstan. Dapat disimpulkan bahwa pada tahun 2013 dan 2015 suhu permukaan lahan berpengaruh pada suhu udara dan kelembapan udara, semakin tinggi suhu permukaan lahan maka semakin rendah kelembapan udara.

Arah hubungan suhu udara dan kelembapan udara terhadap suhu permukaan lahan yang berbeda disebabkan karena arah hubungan suhu udara dengan kelembapan udara yang berbanding terbalik. Hasil analisis statistik *Pearson Product Moment* antara suhu udara dengan kelembapan udara tahun 2013 dan 2015 dapat dilihat pada **Tabel 4.** Berdasarkan **Tabel 4.** diketahui bahwa suhu udara dengan kelembapan udara dan sebaliknya memiliki hubungan yang sangat kuat dan signifikan dengan arah hubungan berbanding terbalik. Semakin tinggi suhu udara maka kelembapan udara semakin rendah begitu pula sebaliknya. **Tabel 2.** menunjukkan bahwa suhu permukaan lahan dengan kecepatan angin tahun 2015 memiliki kekuatan hubungan yang rendah dan tidak signifikan. Hal tersebut ditunjukkan dari nilai

Pearson Correlation sebesar -0,286* dan nilai signifikansi 0,027 (>0,005). Suhu permukaan lahan memiliki hubungan yang rendah dan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kecepatan angin sehingga tidak dapat dilakukan pendugaan untuk data kecepatan angin tahun 2013.

Tabel 4. Hasil uji korelasi *Pearson Product Moment* antara suhu udara dengan kelembapan udara tahun 2013 dan 2015

		Kelembapan Udara 2013
Suhu Udara 2013	<i>Pearson Correlation</i>	-1,000**
	Sig. (2-tailed)	0,000
	N	60
		Kelembapan Udara 2015
Suhu Udara 2015	<i>Pearson Correlation</i>	-0,994**
	Sig. (2-tailed)	0,000
	N	60

KESIMPULAN

Akurasi hasil klasifikasi penutup lahan tahun 2013 dan 2015 berdasarkan metode *Confusion Matrix* diperoleh nilai akurasi keseluruhan sebesar 92%. Hasil ekstraksi suhu permukaan lahan dengan SWA memiliki nilai *RMS Difference* relatif rendah yaitu 5,8°C untuk tahun 2013, dan pada tahun 2015 sebesar 4,8°C sehingga dapat dikatakan bahwa hasil ekstraksi suhu permukaan lahan memiliki akurasi yang baik. Kota Surakarta didominasi lahan terbangun sehingga memiliki suhu permukaan lahan yang tinggi dibandingkan pinggiran Kota Surakarta yang dominan tutupan vegetasi memiliki suhu permukaan lebih rendah.

Landsat 8 dan Aqua MODIS dapat digunakan untuk menghasilkan informasi suhu permukaan lahan dan memiliki hubungan terhadap elemen iklim mikro, yaitu suhu udara dan kelembapan udara relatif. Suhu permukaan lahan dengan suhu udara tahun 2013 memiliki nilai *pearson correlation* 0,552**, R^2 30,47% serta tahun 2015 memiliki nilai *pearson correlation* 0,736**, R^2 54,22%. Suhu permukaan lahan dengan kelembapan udara relatif tahun 2013 memiliki nilai *Pearson Correlation* -0,994**, R^2 30,47% serta tahun 2015 memiliki nilai *pearson correlation* -0,750**, R^2 56,28%. Semakin tinggi suhu permukaan lahan maka semakin tinggi suhu udara dan semakin rendah suhu permukaan lahan maka semakin tinggi kelembapan udara.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bapak Retnadi Heru Jatmiko dan Ibu Wirastuti Widyatmanti selaku pembimbing skripsi yang telah memberikan kritik, saran dan motivasi. Terimakasih untuk PPIT BIG yang memberikan dukungan penulis.

DAFTAR PUSTAKA

Asiani, Y. (2007). *Pengaruh kondisi ruang terbuka hijau (RTH) pada iklim mikro di Kota Bogor. Universitas Indonesia.*

- Azeem, A., Butt, M. A., Nisar, K., & Anwar, H. (2016). Assessment of Urban Heat Island (UHI) using Remote Sensing and GIS. *Global Journal of Human-Social Science & Disaster Management*, 16(2), 0–8.
- Barnabe, R. (2008). *Analysis of Urban Heat Island by Using Remote Sensing Technology in Yogyakarta*. Universitas Gadjah Mada.
- Bolstad, P. (2008). *GIS Fundamentals*. Amerika: Eider Press.
- BPS. (2014). *Kota Surakarta Dalam Angka Tahun 2014*. Surakarta: Badan Pusat Statistik Kota Surakarta.
- DKPS. (2014). *Profil Perkembangan Kependudukan Kota Surakarta 2014*. (D. Surakarta, Ed.). Kota Surakarta: Dinas Kependudukan Dan Pencatatan Sipil Kota Surakarta. Retrieved from <http://dispendukcakil.surakarta.go.id/20XIV/images/pdf/GabunganProfil.pdf>
- Du, C., Ren, H., Qin, Q., Meng, J., & Zhao, S. (2015). A practical split-window algorithm for estimating land surface temperature from landsat 8 data. *Remote Sensing*, 7(1), 647–665. <https://doi.org/10.3390/rs70100647>
- Epa, U. S. (2008). *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Urban Heat Island Basics*. *Reducing Urban Heat Islands Compendium of Strategies*. Retrieved from <http://www.epa.gov/hiri/resources/pdf/BasicsCompendium.pdf>
- Fadhilah, D. (2012). *Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Vegetasi Terhadap Suhu Permukaan Kota Samarinda Berdasarkan Pengolahan Citra ASTER Tahun 2003 dan 2009*. Universitas Gadjah Mada.
- Hadi, A., Danoedoro, P., & Sudaryanto. (2012). Penentuan Tingkat Kekeringan Lahan Berbasis Analisa Citra Aster dan Sistem Informasi Geografis. *Majalah Geografi Indonesia*, 26(1), 1–26. <https://doi.org/10.22146/mgi.13400>
- Hadi, S. (2004). *Analisis Regresi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Jatmiko, R. (2016). *Penggunaan Citra Saluran Inframerah Termal untuk Studi Perubahan Liputan Lahan dan Suhu sebagai Indikator Perubahan Iklim Perkotaan di Yogyakarta*. Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.
- Jensen, J. R. (2014). *Remote sensing of the environment: an earth resource perspective second edition*. Pearson Education Limited, Harlow, England (Vol. 1).
- Lakitan, B. (2002). *Dasar-Dasar Klimatologi*. PT Rajagrafindo persada, -Tjasyono.
- Malik, L. O. A. (2006). *Evaluasi Kebutuhan Hutan Kota terhadap Perbaikan Iklim Mikro di Kawasan Kota Namlea Kabupaten Buru Provinsi Maluku*. Universitas Gadjah Mada.
- Muta'ali, L. (2011). *Kapita Selekta Pengembangan Wilayah*. Yogyakarta: Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.
- Prilandita, N. (2009). Perceptions and Responses to Warming in an Urban Environment: A Case Study of Bandung City, Indonesia. *Journal Infrastructure and Built Environment*, V(1), 51–58.
- 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>
- Serban, C., & Maftei, C. (2011). Thermal Analysis of Climate Regions Using Remote Sensing and Grid Computing. *International Journal of Computer Networks & Communications*, 3(1), 35–50. <https://doi.org/10.5121/ijcnc.2011.3103>
- Suharyadi. (2010). *Interpetasi Hibrida Citra Satelit Resolusi Spasial Menengah Untuk Kajian Densifikasi Bangunan Daerah Perkotaan Di Daerah Perkotaan Yogyakarta*. Universitas Gadjah Mada.
- Xie, Q., & Zhou, Z. (2015). Impact of urbanization on urban heat island effect based on tm imagery in Wuhan, China. *Environmental Engineering and Management Journal*, 14(3), 647–655.

Halaman ini sengaja kami kosongkan