

Kajian Perubahan Penutup Lahan Dengan Pemodelan *Cellular Automata* dan Pengaruhnya Terhadap Suhu Permukaan Lahan di Kabupaten Semarang

Dinda Putri Rahmadewi ✉, Fahrudin Hanafi

Jurusan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Desember 2019
Disetujui Agustus 2019
Dipublikasikan Agustus 2020

Keywords:

Land Use, Satellite Imagery,
Land Surface Temperature,
Cellular Automata

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan penutup lahan dan persebaran suhu permukaan lahan tahun secara multitemporal, menganalisis hubungan antar keduanya, dan mengetahui persebaran penutup lahantahun 2028. Landsat 7 dan Landsat 8 diklasifikasi dengan metode *supervised* untuk memperoleh data persebaran penutup lahan dan diuji akurasinya dengan *confusion matrix*. Suhu permukaan lahan diestimasi dari saluran termal masing-masing citra. Penentuan sampel setiap penutup lahan menggunakan *proportionated stratified sampling*. Survei dan observasi lapangan dilakukan selama 3 jam dalam sehari dengan mempertimbangkan cuaca. Prediksi penutup lahan diolah dengan *Cellular Automata Markov Chain*. Hasil penelitian menunjukkan suhu permukaan lahan meningkat $\pm 0,18^{\circ}\text{C}$ per tahun selama periode 2003-2018 yang didominasi oleh konversi hutan menjadi lahan pertanian. Suhu permukaan lahan didominasi oleh suhu $28,6-29,6^{\circ}\text{C}$ dan $30,6-31,6^{\circ}\text{C}$. Perubahan suhu permukaan lahan dipengaruhi oleh kondisi topografi, jenis tanah, dan vegetasi. Hasil uji t menunjukkan jenis penutup lahan hutan, lahan pertanian, dan semak belukar memiliki pengaruh yang dominan. Peningkatan signifikan lahan terbangun sebesar 18,56% terjadi di tahun 2028 dengan hasil perkiraan rata-rata suhu permukaan lahan mencapai $28,9^{\circ}\text{C}$.

Abstract

This study discusses analyzing land cover change and acceleration of land surface temperature in 2028, analyzing the relationships between differences, and understanding the distribution of land cover in 2028. Landsat 7 and Landsat 8 are classified by a supervised method for obtaining data on land cover distribution and their accuracy with confusion matrix. Land surface temperature is estimated from the thermal channels of each image. Determination of the sample for each land cover using proportionated stratified sampling. Survey and field observation are carried out for 3 hours a day with weather considerations. Land cover prediction is processed with Cellular Automata Markov Chain. The results showed surface temperatures increased by $\pm 0.18^{\circ}\text{C}$ per year during the 2003-2018 period approved by the conversion of forests into agricultural land. Land surface temperature is dominated by $28.6-29.6^{\circ}\text{C}$ and $30.6-31.6^{\circ}\text{C}$. Changes in land surface temperature is affected by topographic conditions, soil types, and vegetation. T test results indicate that the type of forest land cover, agricultural land, and shrubs have a dominant influence. A significant increase of 18,56% of the developed land occurred in 2028 with the estimated average surface temperature reaching $28,9^{\circ}\text{C}$.

PENDAHULUAN

Masalah peningkatan jumlah penduduk merupakan permasalahan global yang dialami setiap negara. PBB telah menyatakan bahwa saat ini 55% populasi manusia menempati perkotaan atau pusat daerah dan akan meningkat 68% pada tahun 2050 (UN, 2018). Pada periode tahun 2000 hingga 2015, terjadi peningkatan lahan terbangun dan lahan pertanian dunia sebesar 13,61 juta ha dan 0,07 juta ha (Roser dan Ritchie, 2016). Adanya perubahan tersebut akan mempengaruhi suhu permukaan lahan. Kondisi ini juga terjadi di beberapa negara. Di Nigeria, peningkatan lahan terbangun terjadi di daerah perkotaan sebesar 19.166,13 ha selama 2002 hingga 2013 yang meningkatkan suhu permukaan lahan hingga 6°C (Igun, 2018).

Peningkatan suhu permukaan lahan dapat mengganggu keseimbangan energi iklim (Khandelwal, 2018), seperti adanya fenomena gelombang panas yang dialami tujuh negara besar di eropa yaitu United Kingdom (38,1°C), Jerman (41,7°C), Belgia (41,8°C), Perancis (42,°6), Lusemburg (40,8°C), Skotlandia (31,6°C), dan Belanda (40,7°C) pada bulan Juli 2019 yang mengakibatkan pencairan besar es di Greenland (NASA, 2019). Di Asia Tenggara, beberapa kota besar juga mengalami kondisi serupa seperti adanya titik panas sebesar 20% lebih besar dari zona rata-rata suhu permukaan lahan di Hanoi (Tran, 2017) dan peningkatan suhu permukaan lahan sebesar 2,9°C di Jakarta yang mana lebih tinggi dari Bangkok (Estoque, 2017).

Kawasan Provinsi Jawa Tengah juga mengalami perubahan penutup lahansawah dan non-sawah pada periode 2009-2010, yang mana luas lahan sawah mengalami penurunan 128 ha akibat peningkatan lahan non-sawah termasuk permukiman (BPS, 2015). Kondisi ini searah dengan proyeksi kenaikan suhu udara rata-rata Jawa Tengah pada periode 2032-2040 berkisar dari 0,81-0,85°C (BMKG, 2019). Penelitian berlokasi di Kabupaten Semarang, Jawa Tengah yang memiliki pertumbuhan penduduk tinggi di Indonesia dengan peningkatan pertumbuhan penduduk sebesar 8,74% dari tahun 2010 hingga

2016 (BPS, 2017) yang mana menunjukkan bahwa kawasan ini juga rentan mengalami masalah perubahan lahan dan iklim apalagi lokasinya berbatasan langsung dengan Kota Semarang yang mengalami perkembangan lahan terbangun pesat hingga mampu meningkatkan suhu permukaan lahan 1,32°C hanya dalam waktu 2 tahun (2013-2015) (Nugraha *et al*, 2016).

Analisis menggunakan data spasial masa lalu dan sekarang dianggap sebagai salah satu syarat studi geografis (Dadras *et al*, 2015). Suhu permukaan lahan dapat diestimasi dari saluran termal *Single Channel Method* atau *Split Window Algoritm Method* dimana tergantung pada jumlah *band* yang digunakan (Pu *et al*, 2006). Kedua jenis metode tersebut memiliki kelemahan yaitu ketidakpastian profil atmosfer memberi efek kuat pada akurasi suhu permukaan lahan yang dihasilkan (Li *et al*, 2013). Penelitian ini menggunakan metode Coll *et al* (2010) dengan memasukkan data profil atmosfer pada koreksi radian spektral *band* termal yang diperoleh dari USGS. Karakteristik termal berubah dari waktu ke waktu dalam menanggapi perubahan penutup lahan (Peng Fu, 2016) sehingga studi tentang keduanya saling berkaitan.

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) menganalisis persebaran suhu permukaan lahan dan perubahan penutup lahan di Kabupaten Semarang pada tahun 2003, 2008, 2013, dan 2018; 2) menganalisis hubungan antara perubahan penutup lahan dengan suhu permukaan lahan; dan 3) mengetahui persebaran penutup lahan untuk 10 tahun ke depan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan April-Juni 2019 dengan data citra Landsat 7 akuisisi tanggal 20 Mei 2003 dan 18 Juni 2008 serta citra Landsat 8 akuisisi tanggal 24 Juni 2013 dan 25 Agustus 2018. Sistem klasifikasi menggunakan pedoman Danoedoro (2006) dan metode klasifikasi *supervised* untuk penutup lahan dengan *training area* atau kelas-kelas perwakilan. Jenis penutup lahan Danoedoro (2006) ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Penutup Lahan

Strata	Penutup Lahan
S1	Perairan
S21	Hutan
S22	Lahan pertanian
S232	Semak belukar
S3	Lahan terbuka
S4	Lahan terbangun

Sumber: Danoedoro dimodifikasi, 2006

Populasi penelitian ini adalah suhu permukaan lahan dan penutup lahan Kabupaten Semarang. Pengambilan sampel menggunakan nilai skala dan luas wilayah yang akan diteliti berdasarkan Pedoman Teknis Pengumpulan Dan Pengolahan Data Spasial dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Penentuan jumlah titik sampel setiap jenis penutup lahan menggunakan metode *proporsionated stratified sampling*.

Hasil perhitungan menunjukkan jumlah sampel sebanyak 116 titik yang terdiri dari hutan 44 titik, lahan terbangun 23 titik, lahan pertanian 17 titik, perairan 1 titik, semak belukar 18 titik, dan lahan terbuka 14 titik. Uji kesesuaian citra bertujuan untuk mengetahui keakuratan hasil pengolahan citra dengan nilai ambang akurasi 85% agar suatu pemetaan penutup atau penutup lahan dapat diterima (Susanti, 2012). Nilai akurasi dapat diketahui dengan membandingkan hasil interpretasi citra dengan observasi lapangan pada citra tahun 2018 sedangkan untuk citra tahun sebelumnya dibandingkan dengan interpretasi hasil Google Earth. Hasil perbandingan diolah dengan *confusion matrix* yang memperhitungkan tingkat omisi dan komisi sehingga tidak hanya interpretasi lahan yang benar namun prosentase kesalahan interpretasi juga dipertimbangkan. Akurasi keseluruhan diperoleh dari persamaan Lillesand *et al* (2004) yang mengindikasikan probabilitas suatu piksel ke dalam kelas tertentu dan mewakili kelas tersebut di lapangan.

Berdasarkan pertimbangan dari penelitian Weng (2003) dan Fariz (2016), pengukuran suhu lapangan dilakukan pada pukul 08.47 sampai dengan 10.47 WIB karena mendekati waktu pengukuran suhu terbaik yaitu 11.14 WIB dan

memperhitungkan jarak antar lokasi pada wilayah penelitian yang luas.

Pengolahan estimasi suhu permukaan lahan diawali dengan proses konversi nilai piksel menjadi nilai radian spektral menggunakan persamaan dari USGS untuk memperbaiki nilai piksel akibat kesalahan pantulan permukaan dan kelengkungan bumi. Untuk memperbaiki kesalahan akibat gangguan atmosfer maka dilakukan koreksi atmosferik khusus untuk pengolahan suhu permukaan lahan pada citra dengan persamaan Coll *et al* (2010) memuat parameter atmosfer yang dapat mempengaruhi suhu permukaan lahan mencakup emisivitas, transmisi, *upwelling*, dan *downwelling* (Kalinda dan Bandi, 2018). Data profil atmosfer dapat diperoleh dari *Atmospheric Correction Parameter Calculator* yang dapat memodelkan profil atmosfer sesuai tanggal, waktu, dan lokasi data input (Tran *et al*, 2017). Nilai radian spektral yang telah terkoreksi dikonversi kembali menjadi suhu kecerahan dengan rumus dari USGS untuk citra satelit Landsat. Suhu kecerahan diestimasi menjadi suhu permukaan lahan menggunakan rumus persamaan Artis dan Carnahan (1982, dalam (Amiri *et al*, 2009). Persamaan tersebut digunakan karena akurasinya lebih besar pada suhu kecerahan di gelombang 8-14 μm (Artis dan Carnahan, 1982) yang mana pada penelitian menggunakan *band* 6 (10,4-12,5 μm dan *band* 10 (10,60-11,19 μm).

Prediksi penutup lahan tahun 2028 menggunakan metode *Markov Chain* pada *Cellular Automata*. *Cellular Automata* adalah model dinamis tersusun atas sel-sel dengan satuan diskret, sel-sel tersebut akan saling berinteraksi (Wang *et al*, 2012). *Markov Chain* digunakan untuk menganalisis dua data penutup lahan dengan tahun berbeda yakni beberapa tahun (dalam penelitian ini 10 tahun) sebelum (2008) dan sesudah tahun aktual (2018). Proses utama dalam pengolahan meliputi pemodelan potensi perubahan dan memprediksi perubahan (Tran *et al*, 2017). Matriks transisi difokuskan pada perubahan setiap penutup lahan menjadi lahan terbangun.

Teknik analisis data untuk mengetahui besar pengaruh setiap jenis penutup lahan

terhadap perubahan suhu permukaan dengan membandingkan t-hitung dengan t-tabel. Uji t dilakukan pada persamaan regresi linier sederhana dan besar t-tabel dihitung dengan rumus $t(a/2; n-2) = t(0,05/2; 116-2) = t(0,025; 114) = 1,98099$, maka: 1) Jika nilai signifikansi $< 0,05$ dan t-hitung $>$ t-tabel berarti ada pengaruh; 2) Jika nilai signifikansi $> 0,05$ dan t-hitung $<$ t-tabel berarti tidak ada pengaruh.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Perubahan Penutup Lahan

Analisis *confussion matrix* menunjukkan bahwa uji kebenaran pada hasil klasifikasi penutup lahantahun 2018 sebesar 86,21%, tahun 2003 sebesar 91,38%, tahun 2008 sebesar 92,24%, dan tahun 2013 yaitu 88,79%. Kesalahan tidak hanya dipengaruhi oleh perbedaan waktu perekaman (Fariz, 2016), namun pada penelitian ini juga dipengaruhi oleh kesalahan identifikasi objek seperti lahan permukiman diidentifikasi menjadi hutan karena kenampakannya tertutup oleh pepohonan tinggi. Hasil uji akurasi yang diperoleh masing-masing tahun yang telah melebihi batas minimum 85% maka data-data tersebut dapat digunakan dalam proses penelitian untuk dianalisis (Susanti, 2012).

Penutup lahan terluas masih didominasi oleh hutan walaupun bersifat fluktuatif. Penelitian ini hampir mirip dengan pola penutup lahanti Bazar (Inggris), hanya pada kasus penelitian tersebut lahan terluas lebih

didominasi oleh lahan pertanian (40,32%) dan perubahan lahan tersebut tidak terlalu dipengaruhi oleh keberadaan lahan lain (Pal dan Ziaul, 2017). Hal ini karena letak Kabupaten Semarang dikelilingi oleh gunung dan pegunungan sehingga masih banyak pepohonan seperti kondisi geografis di Atlanta yang juga memiliki tutupan pohon lebat karena berada di antara kaki Gunung Appalachian (Peng Fu, 2016).

Tabel 2 menunjukkan peningkatan hutan yang terjadi pada tahun 2013, disebabkan oleh keberadaan hutan produksi seperti hutan sengon dan jati yang memang diawali dengan pembukaan lahan dengan masa panen kurang lebih jangka 5 tahunan untuk sengon (Nuroniah dan Putri, 2013) dan 15-20 tahun untuk jati (Pudjiono, 2014). Hal ini senada dengan data BPS Kabupaten Semarang (2017) mengenai penurunan lahan kritis sebesar 26,20% tahun 2013 dari tahun sebelumnya yang mendorong peningkatan luasan hutan.

Kawasan Ungaran dan Ambarawa didominasi lahan terbangun karena merupakan pusat daerah dan perekonomian. Pada tahun 2018, lahan terbangun meningkat 7,35% dari tahun 2013. Peningkatan tersebut lebih besar jika dibandingkan dengan peningkatan luas lahan terbangun akibat penurunan hutan di Bazar, Inggris sebesar 4,22% (Pal dan Ziaul, 2017). Hal ini disebabkan karena tidak hanya hutan yang terkonversi tetapi lahan pertanian juga, sama halnya kasus yang dialami di Kabupaten Bandung (Nuraeni, 2017).

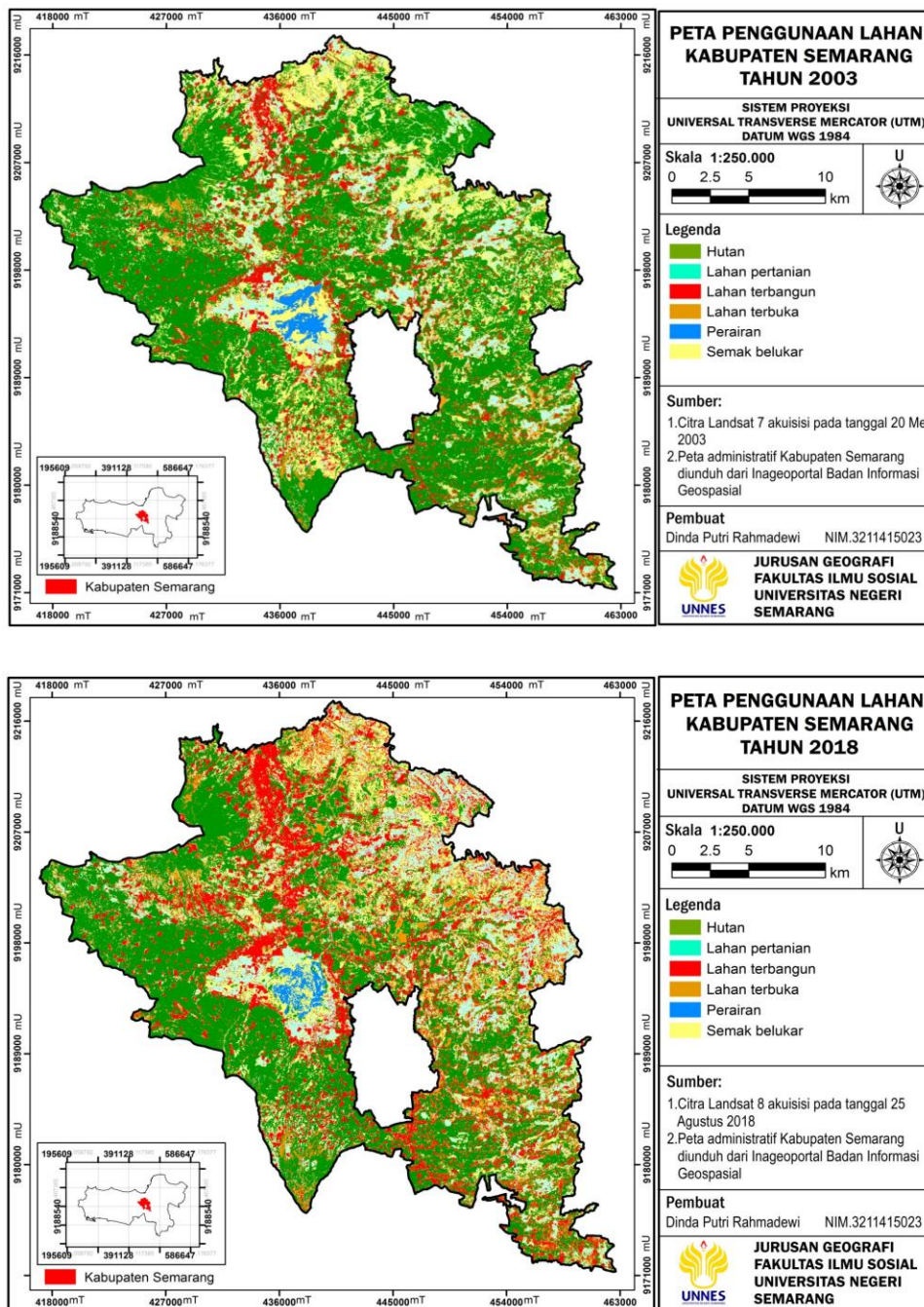
Tabel 2. Luas Perubahan Penutup lahanti Kabupaten Semarang 2003, 2008, 2013, dan 2018

Jenis Penggunaan Lahan	Tahun			
	2003	2008	2013	2018
Hutan	52.695,63	45.741,87	49.182,84	39.452,31
Lahan terbangun	9.902,97	18.292,50	18.642,15	20.011,59
Semak belukar	19.188,18	16.412,85	12.468,78	15.521,58
Lahan terbuka	11.415,15	9.007,29	8.303,13	14.572,35
Lahan pertanian	967,23	676,26	996,39	766,53
Perairan	7.664,58	11.702,97	12.240,45	11.509,38
Jumlah	101.833,74	101.833,74	101.833,74	101.833,74

Sumber: Data yang diolah, 2019

Lahan pertanian meningkat signifikan sebesar 75,50% dari tahun 2013 hingga 2018. Kondisi tersebut sejalan dengan berkurangnya luasan hutan dan lahan terbuka pada tahun 2018 namun berseberangan dengan kondisi lahan pertanian di kawasan Nanjing, China yang dikonversi menjadi lahan terbangun dengan

peningkatan sebesar 2,6% pada tahun 2009 (Wang et al, 2016). Perbedaan pola perubahan lahan ini terjadi karena adanya perbedaan bentuk fisik kedua kawasan dimana Kabupaten Semarang merupakan kawasan agraris dan Nanjing merupakan kawasan perkotaan.



Gambar 1. Perubahan Penutup Lahan dari tahun 2003 dan 2018

Sumber: Data yang diolah, 2019

Semak belukar menurun sejak tahun 2003 hingga 2013. Kondisi serupa juga dialami secara global dengan penurunan luas 0,03 juta ha pada periode 2004-2015 (Roser dan Max, 2016). Luasan semak belukar mulai meningkat kembali di tahun 2018 sebesar 24,48% karena berkurangnya perairan dan hutan di daerah Rawa Pening dan bagian timur Kabupaten Semarang.

Hasil Prediksi Penutup lahan Tahun 2028 dengan Cellular Automata

Secara umum, hampir semua jenis penutup lahan mengalami penurunan dari 10 tahun sebelumnya, kecuali lahan terbangun dan perairan. Lahan terbangun bertambah seluas 3.715,44 ha pada tahun 2028 (Lihat Tabel 3). Secara spasial, pola perkembangan lahan terbangun mengelompok pada pusat daerah, pusat-pusat perekonomian, dan berasosiasi dengan lahan terbangun eksisting tahun 2018 mencakup Kecamatan Ungaran Timur, Kecamatan Ungaran Barat, Kecamatan Bergas, Kecamatan Ambarawa, Kecamatan Bawen, Kecamatan Tengeran, Kecamatan Suruh, dan Kecamatan Kaliwungu (Gambar 2). Hasil ini

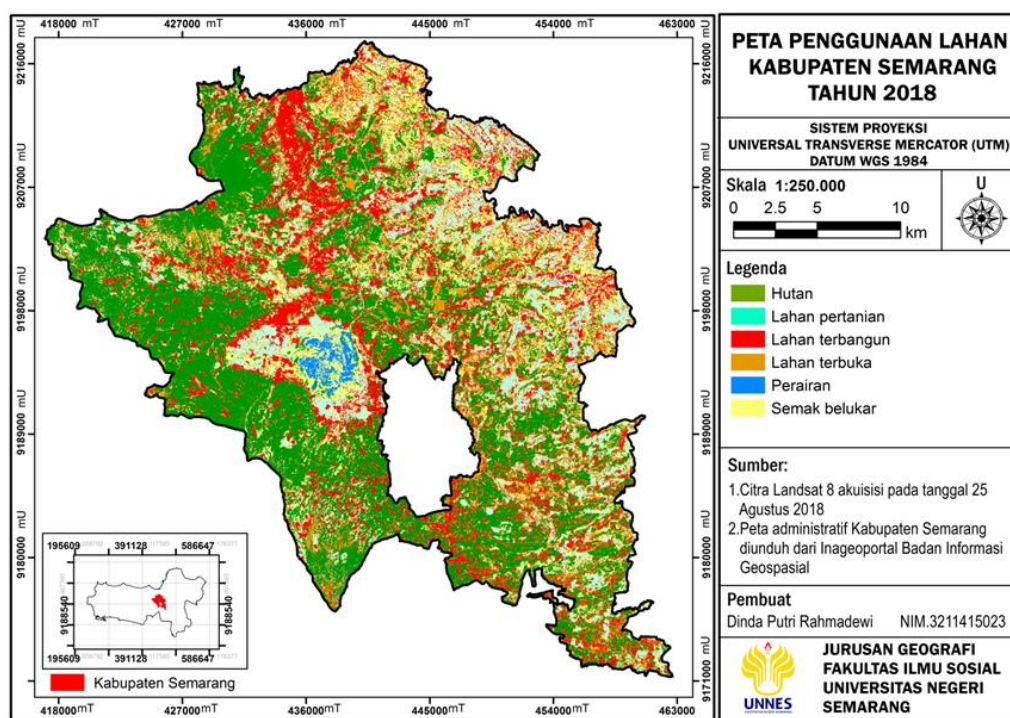
hanya berselisih seluas 284,56 ha dengan kondisi perkembangan lahan terbangun di lokasi yang sama pada periode 1991 hingga 2001 (Pangidkk, 2017).

Tabel 3. Luas Perubahan Penutup lahan Kabupaten Semarang Tahun 2018-2028

Jenis Lahan	Pergunaan	Tahun	
		2018	2028
Hutan		39.452,31	37.010,27
Lahan terbangun		20.011,59	23.727,03
Semak belukar		15.521,58	14294,79
Lahan pertanian		14.572,35	14095,66
Perairan		766,53	773,31
Lahan terbuka		11.509,38	11498,46

Sumber: Data yang diolah, 2019

Peningkatan luas lahan terbangun didukung oleh penurunan luas hutan (6,19%), semak belukar (7,90%), lahan pertanian (3,27%), dan lahan terbuka (0,09%). Konversi hutan ke lahan terbangun mendominasi di bagian barat hingga selatan lokasi penelitian sedangkan konversi jenis lahan lainnya ke lahan terbangun tersebar di bagian tengah dan timur. Kondisi

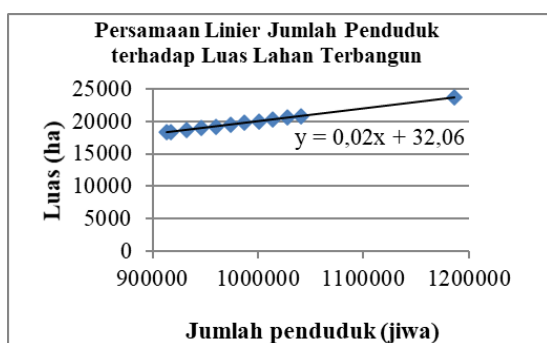


Gambar 2. Penutup lahan Tahun 2028

Sumber: Data yang diolah, 2019

yang hampir sama terjadi di DAS Muskegon (Michigan) dan Kota Vijayawada (India) namun kecenderungan konversi lahan hanya berasal dari hutan dan lahan terbuka, yaitu sebesar 3,7% dan 58,68% (Tang *et al*, 2005) (Kumar, 2015). Sementara itu, lahan pertanian menyusut karena lahan tersebut dijual oleh warga akibat kekeringan yang telah menyebabkan deintensifikasi dan pembiaran lahan (Hatna dan Bakker, 2011).

Perairan mengalami peningkatan yang tidak terlalu tinggi dari tahun 2018, yaitu sebesar 0,88%. Hal tersebut dikarenakan pengaruh dari lahan pertanian dan semak belukar di daerah Rawa Pening. Kondisi serupa dialami juga pada kurun waktu 2001-2011 yang menunjukkan peningkatan lahan pertanian seluas 2.905,79 ha di lokasi tersebut (Apriliyana, 2015).



Gambar 3. Grafik Perbandingan Jumlah Penduduk dengan Peningkatan Luas Lahan Terbangun Tahun 2008-2018.

Sumber: Data yang diolah, 2019

asil luas lahan terbangun dari prediksi *Cellular Automata* menggunakan kemudian dibandingkan dengan hasil luas lahan terbangun yang telah dipengaruhi jumlah penduduk dengan tujuan mengetahui seberapa besar gap antar keduanya.

Berdasarkan pengolahan data (Gambar 3), didapatkan persamaan linear yaitu $y = 0,02x + 32,06$. Dari persamaan tersebut menghasilkan luas lahan terbangun di tahun 2028 sebesar 23.770,62 ha. Jika dibandingkan dengan luas lahan terbangun hasil prediksi *Cellular Automata* hanya berselisih 43,59 ha yang mana tidak memiliki perbedaan yang terlalu besar.

Suhu Permukaan Lahan

Akurasi suhu hasil pengolahan citra dilakukan dengan analisis hubungan suhu citra dengan suhu di lapangan sebagai uji kebenaran. Hasil uji regresi menunjukkan nilai koefisien determinasi (R^2) 0,405 (Tabel 4a). Nilai regresi antara variabel x dan y dikatakan memiliki hubungan jika berada diantara angka 0 dan 1 (Budiyarti, 2017). Nilai koefisien korelasi (R) menunjukkan 0,637 dan berada pada kelas nilai $>0,5-0,75$ yang berarti suhu citra dan suhu lapangan memiliki hubungan kuat (Sarwono, 2006).

Tabel 4. Hasil Pengolahan SPSS Suhu Citra Terhadap Suhu Lapangan

Model	R	<i>R Square</i>
1	0,637	0,405

(a)

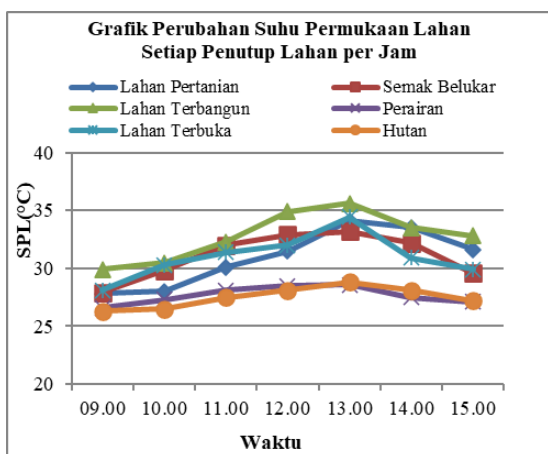
Model	B	t	Sig
(Constant)	-5,695	-1,477	0,142
Suhu citra	1,495	8,814	0,000

(b)

Sumber: Data yang diolah, 2019

Hubungan suhu citra dengan suhu di lapangan berkorelasi positif yang berarti jika suhu citra tinggi maka suhu di lapangan juga akan tinggi (Tabel 4b). Hasil tersebut juga telah dibuktikan oleh penelitian Peng Fu (2016) dengan koefisien korelasi berada pada rentang 0,80-0,98 yang mengindikasikan hubungan yang sangat kuat namun pada penelitian tersebut juga diperoleh hasil korelasi rendah pada tahun berbeda karena adanya gangguan cuaca.

Dapat dilihat pada Gambar 4.14, menunjukkan bahwa seluruh jenis penutup lahan mencapai waktu pemanasan suhu permukaan lahan maksimum dalam durasi 4 jam dari pukul 9 pagi hingga 1 siang (Gambar 4). Lahan terbangun memiliki suhu permukaan lahan tertinggi mencapai 35,6°C. Pola suhu permukaan setiap lahan hampir mirip dimana suhu permukaan lahan mengalami penurunan bertahap pada pukul 2 siang, kecuali lahan terbuka. Lahan terbuka cenderung memiliki waktu pendinginan lebih cepat dibandingkan penutup lahan lainnya.



Gambar 4. Grafik Perubahan Suhu Permukaan Lahan Setiap Penutup Lahan per Jam
Sumber: Data yang diolah, 2019

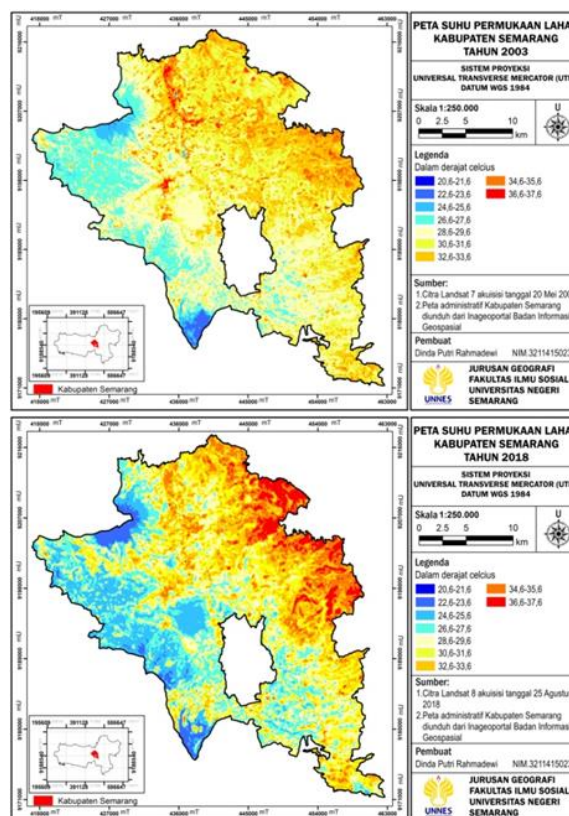
Suhu permukaan lahan tertinggi mencapai 37,6°C. Sedangkan suhu terendah adalah 20,6°C. Rata-rata suhu permukaan lahan sebesar 28,2°C dan nilai standar deviasi sebesar 3,39°C.

Wilayah kelas suhu 1, 2, 3, dan 4 tersebar di bagian barat daya hingga barat laut pada periode 2003-2018. Namun, kelas suhu ini hampir tersebar merata tahun 2018 (Gambar 5). Hal ini dipicu oleh fenomena Monsun Dingin Australia yang membawa udara dingin dan kering ke pesisir Indonesia. Fenomena ini juga menyebabkan terjadinya *upwelling* diikuti dengan penurunan suhu permukaan laut hingga lebih dari 3°C yang terjadi di perairan Laut Selatan Jawa (Sukresno, 2018). Fenomena ini biasanya terjadi pada bulan Juli hingga Agustus.

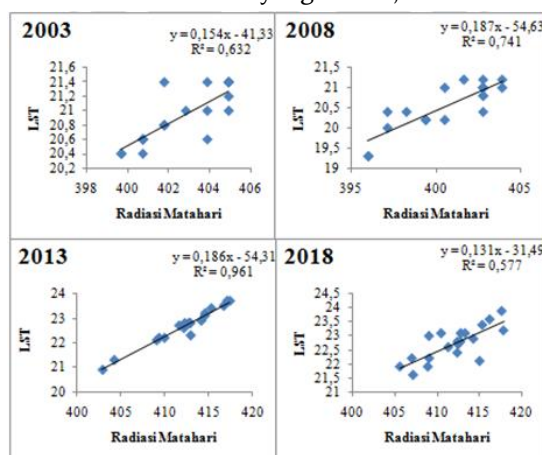
Wilayah kelas suhu 7,8, dan 9 sebagian besar berkembang di wilayah pusat daerah (Gambar 5). Hal ini menunjukkan adanya suhu permukaan yang terkonsentrasi karena pengaruh urbanisasi akibat perubahan lahan (Peng Fu, 2016). Berbeda halnya dengan kondisi pada tahun 2008 dimana kelas suhu ini terpusat di Kecamatan Bancak akibat munculnya lahan terbangun baru yang mana memiliki suhu yang lebih beragam (Pal dan Ziaul, 2017) tergantung pada luasan jenis lahan lain yang mempengaruhinya.

Salah satu faktor yang mempengaruhi iklim mikro adalah radiasi matahari. Tinggi rendahnya radiasi matahari mempengaruhi suhu

permukaan lahan. Berdasarkan Gambar 6, data tahun 2003 hingga 2018 menunjukkan bahwa nilai radiasi matahari memiliki pengaruh positif terhadap suhu permukaan lahan. Setiap ada kenaikan radiasi 1 watt/m² akan menaikkan rata-rata suhu permukaan lahan sebesar 0,1°C untuk periode waktu 2003 hingga 2018.



Gambar 5. Perubahan Suhu Permukaan Lahan Tahun 2003, 2008, 2013, dan 2018
Sumber: Data yang diolah, 2019



Gambar 6. Grafik Pengaruh Radiasi Matahari Terhadap Suhu Permukaan
Sumber: Data yang diolah, 2019

Pengaruh Jenis Penutup lahan Terhadap Perubahan Suhu Permukaan Lahan

Hasil pengolahan data pada periode perubahan tahun 2003 hingga 2018 menunjukkan nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu 0,430 dan koefisien korelasi (R) yaitu 0,655 dimana digolongkan berhubungan kuat (Sarwono, 2006). Dari uji t masing-masing penutup lahan diketahui bahwa lahan pertanian, hutan, dan semak belukar memiliki pengaruh dominan (Tabel 6).

Perubahan lahan yang dominan terjadi pada hutan yang berubah menjadi lahan pertanian dengan nilai kontribusi kenaikan suhu $0,31^\circ\text{C}/\text{ha}$ (Tabel 7). Kondisi ini sangat sinkron jika dihubungkan dengan peningkatan jumlah petani dari 144.369 jiwa pada tahun 2013 menjadi 167.044 jiwa pada tahun 2018 di Kabupaten Semarang (Yulianti, 2018). Kondisi ini juga dialami di tingkat nasional pada periode tahun 2000-2005 dimana perkebunan dan pertanian adalah jenis lahan dominan yang menggantikan hutan sebesar 44% yang disebabkan oleh adanya upaya pemenuhan akan produk dan komoditi ekspor pertanian (Ekadinata, 2012).

Tabel 6. Perhitungan Regresi Penutup lahan dengan Suhu Permukaan Lahan

Penggunaan lahan	R^2	t hitung	Sig
Hutan	0,511	7,912	0,000
Lahan pertanian	0,566	3,021	0,019
Lahan terbuka	0,331	2,537	0,025
Semak belukar	0,433	4,095	0,000
Perairan	0,078	-0,921	0,379
Lahan terbangun	0,285	2,360	0,033

Sumber: Data yang diolah, 2019

Tabel 7. Perubahan Penutup lahan dan Kontribusi Kenaikan/Penurunan Suhu Permukaan Lahan

Penggunaan Lahan		Luas (Ha)	%	Perubahan SPL ($^\circ\text{C}$)	Kontribusi berubah
2003	2018				
Hutan	Hutan	5825,07	61,41%	-0,09	-0,05
	Lahan pertanian	734,58	7,74%	4,05	0,31
	Lahan terbangun	97,83	1,03%	2,78	0,03
	Lahan terbuka	123,84	1,31%	2,99	0,04
	Semak belukar	279,72	2,95%	2,70	0,08
Lahan pertanian	Lahan pertanian	1,53	0,02%	1,22	0,00
	Lahan terbangun	649,08	6,84%	2,62	0,18
	Lahan terbuka	26,01	0,27%	1,61	0,00
	Semak belukar	754,11	7,95%	1,34	0,11
Semak belukar	Hutan	0,54	0,01%	-0,31	0,00
	Lahan pertanian	137,38	1,45%	2,98	0,04
	Lahan terbangun	648,18	6,83%	3,90	0,27
	Lahan terbuka	2,97	0,03%	2,86	0,00
	Semak belukar	204,89	2,16%	2,53	0,05
Jumlah		9485,73	100,00%	31,19	1,06

Sumber: Data yang diolah, 2019

Kenaikan suhu permukaan rata-rata di lokasi penelitian berkisar $1,06^\circ\text{C}$ dengan peningkatan rata-rata per dekade $0,7^\circ\text{C}$ yang tergolong lebih besar jika dibandingkan dengan peningkatan suhu permukaan per dekade di Beijing dengan kisaran $0,25-0,31^\circ\text{C}$ (Lin dan Yu, 2005). Dari rata-rata tersebut, diperkirakan suhu permukaan tahun 2028 mencapai $28,9^\circ\text{C}$.

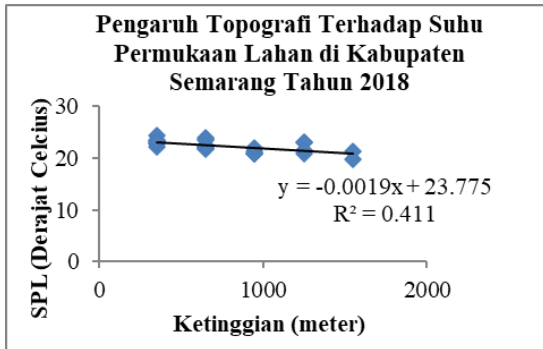
Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perbedaan Suhu Permukaan Lahan di Kabupaten Semarang

1. Topografi

Peneliti mengambil 30 titik sampel dari nilai ketinggian dan nilai suhu permukaan lahan untuk membuktikan adanya pengaruh topografi terhadap suhu permukaan lahan melalui persamaan yang dihasilkan.

Berdasarkan grafik (Gambar 4), menunjukkan hasil persamaan $-0,001X + 23,77$ dengan R^2 sebesar 0,411. Tanda minus (-) pada persamaan menunjukkan adanya hubungan yang bersifat negatif dimana jika ketinggian naik

maka suhu permukaan lahan akan turun dan sebaliknya (Gambar 7). Angka -0,001X memiliki arti bahwa setiap ketinggian mengalami kenaikan 100 meter maka suhu permukaan lahan akan mengalami penurunan sebesar 0,1°C (0,001 x100). Angka R2 menunjukkan besar pengaruh topografi terhadap suhu permukaan lahan di Kabupaten Semarang sebesar 41,1%.



Gambar 7. Grafik Pengaruh Topografi Terhadap Suhu Permukaan

Sumber: Data yang diolah, 2019

Suhu permukaan lahan dari persamaan diatas juga dapat dikonversi menjadi suhu udara menggunakan rumus Monteith dan Unsworth (1990) dalam Effendy (2007). Berdasarkan hasil perhitungan pada ketinggian 100 meter, dapat diketahui bahwa suhu udara dari data persamaan memiliki nilai yang lebih rendah dari suhu udara hasil rumus Braak yakni sebesar 23,62°C dan memiliki perbedaan sebesar 2,07°C (Tabel 8).

Tabel 8. Perbandingan Hasil Persamaan dengan Rumus Braak

Suhu Udara dari Hasil Persamaan dan Hasil Rumus Monteith dan Unsworth	Suhu Udara dari Rumus Braak
$y = -0,001x + 23,77$ $y = -0,001.100 + 23,77$ $y = -0,1 + 23,77$ $y = 23,67^{\circ}\text{C}$ Suhu permukaan (T_s) = 23,67°C	$Suhu\ udara = 26,3 - \left(\frac{0,61 \cdot h}{100}\right)$ $Suhu\ udara = 26,3 - \left(\frac{0,61 \cdot 100}{100}\right)$ $Suhu\ udara = 26,3 - 0,61$
Diketahui: $\rho_{air} = 1,27$ $C_p = 1004$ $H = \beta \left(\frac{Rn - G}{1 + \beta}\right)$ $H = 1,5 \left(\frac{194 - 20}{1 + 1,5}\right)$ $H = 104,4$ $raH = 31,9 \cdot u^{-0,96}$ $raH = 31,9 \cdot 1,79^{-0,96}$ $raH = 0,571$	$Suhu\ udara = 25,69$
$Suhu\ udara = T_s - \left(\frac{H \cdot raH}{\rho_{air} \cdot C_p}\right)$ $Suhu\ udara = 23,67 - \left(\frac{104,4 \cdot 0,571}{1,27 \cdot 1004}\right)$ $Suhu\ udara = 23,62$	

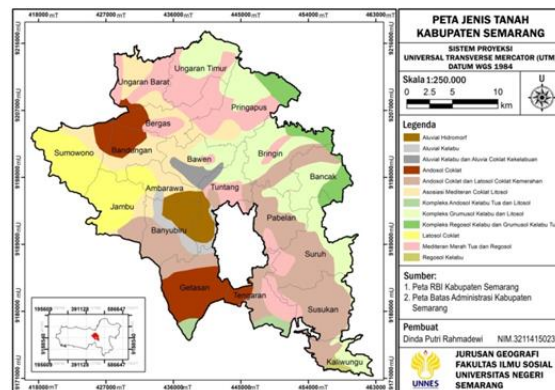
Sumber: Data yang diolah, 2019

2. Jenis Tanah

Dilihat dari hasil observasi, wilayah di bagian barat dan selatan memiliki memiliki jenis tanah sebagian besar adalah andosol asosiasi mediteran coklat litosol, mediteran merah tua dan regosol, dan latosol coklat (Gambar 8). Salah satu bahan induk dari tanah andosol yang berupa pasir memiliki kemampuan menyerap panas yang tinggi karena kemampuan menahan lengas tanah yang rendah yang berkisar 4-70% (Bavel et al, 1972 dalam Fardani, 2012). Namun karena letak jenis tanah ini berada di ketinggian 1500-3000 mdpl maka suhu permukaan menjadi rendah yakni berkisar 22,6-23,6°C.

Di wilayah bagian timur justru memiliki suhu permukaan relatif tinggi karena jenis tanah masih terpengaruh oleh pegunungan karst kendeng yakni kompleks regosol kelabu dan grumosol kelabu, kompleks andosol kelabu tua dan litosol yang berbahan induk dari campuran batu kapur, napal, tuf volkan intermedier, dan batu pasir. Bahan induk pasir berwarna terang dapat mengabsorbsi 30-80% radiasi panas matahari yang diterima (Budhyastoro dkk, 2006).

Sementara itu, jenis tanah aluvial hidromorf mendominasi bagian tengah dengan bahan induk liat. Liat juga memiliki kemampuan menyerap panas yang baik dengan daya kapasitas panas sebesar 0,279 cal-g⁻¹°C⁻¹ namun lebih rendah dari pasir (Lal dan Sukla, 2005).



Gambar 8. Peta Sebaran Jenis Tanah di Kabupaten Semarang

Sumber: Data yang diolah, 2019

3. Vegetasi

Korelasi antara vegetasi dengan suhu permukaan umumnya bersifat negatif dengan korelasi terbaik mendekati nilai -1 atau berbanding terbalik dimana jika vegetasi tinggi maka suhu permukaan akan rendah dan sebaliknya (Gustin, 2011).

Vegetasi yang banyak ditanam di bagian timur Kabupaten Semarang adalah cengkeh, karet, kopi, sengon, jati, dan sebagian besar adalah areal persawahan padi dan semak belukar. Sementara itu, vegetasi yang banyak ditanam di bagian barat Kabupaten Semarang adalah pohon pinus, buah-buahan, bambu, karet, areal persawahan, dan semak belukar.

Area dengan vegetasi karet, sengon, dan pinus memiliki suhu permukaan yang relatif rendah dibandingkan vegetasi lainnya. Hal ini dikarenakan jenis vegetasi ini memiliki batang utama yang sangat panjang dengan tajuk pohon yang berbentuk payung (karet dan sengon) dan kerucut (pinus). Fluktuasi suhu pada tajuk bentuk payung cenderung rapat dengan kelembapan tinggi dan kecepatan angin 0,6 m/s sedangkan untuk tajuk kerucut memiliki kecepatan 0,4 m/s dan memiliki suhu lebih tinggi (Fadlurrahman, 2018). Namun, pada penelitian ini, tipe tajuk kerucut justru tidak terlalu mempengaruhi suhu permukaan karena vegetasi dengan tipe tajuk ini berada di lereng Gunung dan lebih suhu permukaan lebih terpengaruh oleh ketinggian tempat

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan, kesimpulan yang didapat adalah sebagai berikut:

1. Secara umum, hasil analisis data menunjukkan bahwa jenis penutup lahan yang mendominasi Kabupaten Semarang dari tahun 2003 hingga 2018 adalah hutan dengan kecenderungan berubah menjadi lahan pertanian. Sedangkan untuk suhu permukaan lahan didominasi oleh suhu 28,6°C-29,6°C dan 30,6°C-31,6°C.
2. Hubungan antara perubahan penutup lahan dengan perubahan suhu permukaan lahan memiliki pengaruh signifikan dan

berkorelasi positif dengan nilai 0,655 (kuat). Pengaruh hutan sebesar 51,1%, lahan pertanian sebesar 56,6%, lahan terbuka sebesar 33,1%, semak belukar sebesar 43,3%, dan lahan terbangun sebesar 28,5% terhadap perubahan suhu permukaan lahan.

3. Peningkatan signifikan terjadi pada lahan terbangun sebesar 18,56% pada tahun 2028 ditandai dengan pertumbuhan lahan terbangun baru yang padat di Kecamatan Tenganan, Kecamatan Ungaran Timur, Kecamatan Bancak, dan Kecamatan Kaliwungu. Suhu permukaan rata-rata diperkirakan mencapai 30,06°C.

DAFTAR PUSTAKA

- Amiri, Reza, Qihao Weng, Abbas Alimohammadi, S. K. A. (2009). Spatial-Temporal Dynamics of Land Surface Temperature in Relation to Fractional Vegetation Cover and Land cover/Cover in the Tabriz Urban Area, Iran. *Remote Sensing of Environment*, 113, 2606–2617.
- Apriliyana, D. (2015). Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Sub DAS Rawapening Terhadap Erosi dan Sedimentasi Danau Rawapening. *Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Kota*, 11 (1).
- Artis, D.A., Carnahan, W. (1982). Survey of Emissivity Variability in Thermography of Urban Areas. *Remote Sensing of Environment*, 12, 313–329.
- BMKG. (2019). Ekstrem Perubahan Iklim _ BMKG.
- BPS. (2015). *Luas Penggunaan Lahan Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Tengah Tahun 2010*. Jawa Tengah.
- BPS. (2017). Kabupaten Semarang Dalam Angka 2017. Badan Pusat Statistik. Kabupaten Semarang.
- BPS. (2017b). *Luas Lahan Kritis Menurut Kecamatan di Kabupaten Semarang 2011-2016*. Kabupaten Semarang.
- Budiarti, Y. (2017). *Hubungan Antara Persebaran Suhu Permukaan Dengan Penggunaan Lahan di Kabupaten Sleman Menggunakan Citra Landsat 8 OLI/TIRS Image*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Coll, C., Galve, J M., Sanchez, J.M., Casellez, V. (2010). Validation of Landsat-7/ETM+ ThermalBand Calibration and Atmospheric Correction With Ground-Based Measurements. *IEEE*, 48, 547–555.

- Dadras, M., Shafri, H.Z.M., Ahmad, N., Pradhan, B., Safarpour, S. (2015). Spatio-Temporal Analysis of Urban Growth from Remote Sensing Data in Bandar Abbas City, Iran, *Egypt. Remote Sensing*, 18, 35–52.
- Danoedoro, P. (2006). *Versatile Land-Use Information For Local Planning In Indonesia: Contents, Extraction Methods And Integration Based On Moderate- And Highspatial Resolution Satellite Imagery*. University of Queensland.
- Effendy, S. (2007). *Keterkaitan Ruang Terbuka Hijau dengan Urban Heat Island Wilayah JABODETABEK*. IPB Bogor.
- Ekadinata, A., Zulkarnain M.T., Widayati A., Dewi S., Rahman S., V. N. M. (2012). *Perubahan Penggunaan dan Tutupan Lahan di Indonesia Tahun 1920, 2000, dan 2005. Brief No 29*. Bogor, Indonesia: World Agroforestry Center-ICRAF, SEA Regional Office. 6p.
- Estoque, Ronald C., Yuji, Murayama., S. W. M. (2017). Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia. *Science of the Total Environment*, 577, 349–359.
- Fadlurrahman, M. M. (2018). *Pengaruh Naungan Pohon Dengan Perbedaan Bentuk Tajuk dan Jarak dari Pohon Terhadap Kenyamanan Termal di Puspipstek Serpong*. Institut Pertanian Bogor.
- Fardani, S. (2012). *Pengaruh Proporsi Penambahan Kompos BioPA dan Mulsa Jerami Terhadap Serapan Hara Na, Mg Serta Kandungan Klorofil Tanaman Kacang Hijau (Phaseolus Radiatus L) yang Ditanam di Kawasan Pantai Pandansari Bantul*. ePrint@UNY. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Fariz, T. (2016). Pemanfaatan Citra Satelit dan Sistem Informasi Geografis untuk Pengembangan RTH Berdasarkan Estimasi Suhu Permukaan Daratan di Kota Pekalongan. *Jurnal Geo Image*, 5(1).
- Hatna, E., Bakker, M. M. (2011). Abandonment and Expansion of Arable Land in Europe. *Ecosystems*, 14, 1–12.
- Igun, E., M. W. (2018). Impact of Urban Land Cover Change on Land Surface Temperature. *Global J. Environ. Sci. Manage*, 4 (1)(47–58).
- Kalinda, I. O. P., Bandi Sasmito, A. S. (2018). Analisis Pengaruh Koreksi Atmosfer Terhadap Deteksi Land Surface Temperature Menggunakan Citra Landsat 8 di Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip, Volume 7,N*.
- Khandelwal, S., Goyal, R., Kaul, N., & Mathew, A. (2018). Assessment of Land Surface Temperature Variation due to Change in Elevation of Area Surrounding Jaipur, India. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 21(1), 87–94.
- Kumar, K. Sundara., Dr.P. Udaya Bhaskar., D. K. P. (2015). Application of Land Change Modeller For Prediction of future Land cover Land Cover A Case Study of Vijayawada City. *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*, Vol. No. 3(1).
- Lal, Rattan., M. K. S. (2005). *Principles Of Soil Physics*. Columbus, Ohio, U.S.A: Marcel Dekker, INC.
- Li, Z. L., Tang, B. H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z., ... Sobrino, J. A. (2013). Satellite-Derived Land Surface Temperature: Current Status and Perspectives. *Remote Sensing of Environment*.
- Lillesand, T.M., Kiefer R.W. and Chipman, J. W. (2004). *Remote Sensing and Image Interpretation (Fifth Edit)*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Lin, X.-C., & Yu, S.-Q. (2005). Interdecadal Changes of Temperature in the Beijing Region and its Heat Island Effect. *Chinese Journal of Geophysics*, 48(1), 47–54. <https://doi.org/10.1002/cjg2.624>
- Nations, U. (2018). 2018 Revision of World Urbanization Prospects. Retrieved from <https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>
- Nugraha, S. B., Sidiq, W. A. B. N., & Hanafi, F. (2016). Landsat Image Analysis for Open Spaces Change Monitoring to Temperature Changes in Semarang City BT - 1st International Conference on Geography and Education (ICGE 2016). Atlantis Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.2991/icge-16.2017.43>
- Nuraeni, Rani., Santun Risma P.S., D. R. P. (2017). Analisis Perubahan Penggunaan Lahan dan Arah penggunaan Lahan Wilayah di Kabupaten Bandung. *Buletin Tanah Dan Lahan, Vol.1, No.*, 79–85.
- Nuroniah, H. S., Putri, K. P. (2013). *Manual Budidaya Sengon*. Bogor, Indonesia: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peningkatan Produktivitas Hutan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Pal, S., Ziaul, S. (2017). Detection of land cover and Land Cover Change and Land Surface Temperature in english Bazar Urban Center. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 20, 125–145.

- Pangi, P., Muharar Ramadhan., K. Dwi A., I. (2017). Pola Perkembangan Ruang di Kabupaten Semarang dengan Memanfaatkan Data Citra Landsat. *Jurnal Pengembangan Kota, Volume 5 N*, 58–68.
- Peng Fu, Q. W. (2016). A Time Series Analysis of Urbanization Induced Land cover and Land Cover Change and Its Impact on Land Surface Temperature With Landsat Imagery. *Remote Sensing of Environment*, 175, 205–214.
- Pu, R., Gong, P., Michisita, R., Sasagawa, T. (2006). Assesment of Multi-resolution and Multi-sensor Data for Urban Surface Temperature Retrieval. *Remote Sensing of Environment*, 104, 211–225.
- Pudjiono, S. (2014). *Produksi Bibit Jati Unggul dari Klon dan Budidayanya*. Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanamn Hutan, Direktorat Jenderal Bina Usaha Kehutanan.
- Roser, Max., H. R. (2016). Land cover. Retrieved from <https://ourworldindata.org/land-use>
- Sarwono, J. (2006). *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif* (1st ed.). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sukresno, Bambang., Denarika Jatisworo., D. W. K. (2018). *Analisis Multilayer Variabilitas Upwelling Di Perairan Selatan Jawa*. Bali.
- Susanti, Novi Ike., Tjaturahono Budi S., H. T. (2012). Aplikasi Penginderaan Jauh Untuk Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2002-2011 di Daerah Aliran Sungai Juana. *Geo Image*, 1 (1).
- Tang, Z., B.A. Enyel., B.C. Pijanowski., K. J. L. (2005). Forecasting Land cover Change and Its Environmental Impact at a Watershed Scale. *Journal of Environmental Management*, 76, 35–45.
- Tran, Duy X., Filiberto Pla., Pedro L.C., Soe W. Myint., Mario Caetano., H. V. K. (2017). Characterizing the relationship between land cover and land cover change and land surface temperature. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 124, 119–132.
- Wang, S.Q, X.Q. Zheng, & X. B. Z. (2012). Accuracy Assesments of Land cover Change Simulation Based on Markov-Cellular Automata Model. *Procidia Environmental Sciences*, 13, 1238–1245.
- Wang, S., Ma, Q., Ding, H., & Liang, H. (2016). *Detection of Urban Expansion and Land Surface Temperature Change Using Multi-temporal Landsat Images. Resources Conservation and Recycling* (Vol. 128).
- Weng, Q. (2003). Fractal Analysis of Satellite-Detected Urban Heat Island Effect. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(5), 555–566.
- Yuliati, A. (2018). *Hasil Survei Pertanian Antar Sensus (SUTAS) 2018 Kabupaten Semarang* (A1 ed.). Kabupaten Semarang: Badan Pusat Statistik Kabupaten Semarang.