

ANALISIS PERUBAHAN SUHU PERMUKAAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT TERRA DAN AQUA MODIS (Studi Kasus : Daerah Kabupaten Malang dan Surabaya)

Dawamul Arifin, Bangun Muljo Sukojo

Program Studi Teknik Geomatika FTSP-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111

Email : dawam@geodesy.its.ac.id

Abstrak

Salah satu dampak pemanasan global adalah terjadinya perubahan iklim yang signifikan. Perubahan iklim yang terjadi mengakibatkan bencana hidro-meteorologi yaitu kekeringan dimana salah satu faktor terjadinya adalah peningkatan suhu permukaan tanah. Data suhu permukaan tanah di Indonesia diperoleh dari stasiun pengamat cuaca yang didapatkan dengan menggunakan termometer yang dipasang dalam sangkar cuaca. Data yang diperoleh dari pengamatan termometer ini hanya mewakili daerah sekitar.

Dalam penelitian ini, data suhu permukaan tanah didapat dengan menggunakan metode penginderaan jauh dengan memanfaatkan data citra satelit *Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) dan Aqua MODIS serta menggunakan algoritma Li & Becker. Penelitian ini dilakukan di daerah Kabupaten Malang dan Surabaya.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa selama tahun 2008-2010 terjadi perubahan suhu permukaan tanah di Kabupaten Malang dan Surabaya secara dinamis. Dari perbandingan antara data hasil pengukuran lapangan dengan hasil pengolahan data citra satelit MODIS diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,4774 dan nilai korelasi (R) = 0,6909 (69,09%) dengan nilai RMSE = 3,6 °C untuk data citra satelit Terra MODIS serta R^2 = 0,6451 dan R = 0,7906 (79,06%) dengan nilai RMSE = 6,4 °C untuk data citra satelit Aqua MODIS.

Kata kunci : Terra, Aqua, MODIS, Suhu Permukaan Tanah

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pemanasan Global (*Global Warming*) merupakan isu global yang memiliki dampak besar bagi dunia. Salah satu dampaknya adalah terjadinya perubahan iklim yang signifikan. Perubahan iklim tersebut telah mengubah pola presipitasi dan evaporasi sehingga berpotensi menimbulkan banjir di beberapa lokasi dan kekeringan di lokasi yang lain.

Indonesia sebagai negara beriklim tropis juga tidak lepas dari dampak perubahan iklim yang mengakibatkan bencana hidro-meteorologi yaitu kekeringan. Salah satu faktor yang berpengaruh pada tingkat kekeringan adalah suhu permukaan tanah yang memberikan sumbangan dampak pada tingkat kekeringan dan berkurangnya pasokan air yang ada. Hal ini akan menjadi suatu permasalahan serius apabila tidak ditanggapi secara cepat dan tepat. Oleh karena itu, informasi mengenai suhu permukaan ini menjadi penting

dalam penggunaannya untuk mitigasi bencana dan pengelolaan bidang yang terkait (kekeringan dan pasokan air).

Suhu permukaan tanah merupakan parameter kunci keseimbangan energi pada permukaan. Data suhu permukaan tanah sering diperlukan dalam model – model perhitungan evapotranspirasi, kelembaban udara dan neraca energi. Data suhu permukaan tanah dapat diperoleh dari stasiun pengamat cuaca akan tetapi tidak semua stasiun cuaca memiliki alat pengukur suhu permukaan tanah. Pengamatan suhu permukaan tanah oleh stasiun cuaca dilakukan dengan menggunakan termometer yang dipasang dalam sangkar cuaca. Data yang diperoleh dari pengamatan termometer ini hanya mewakili daerah sekitar. Untuk mendapatkan data suhu yang lebih luas, maka perlu mengumpulkan data – data pengamatan dari beberapa stasiun.

Dengan adanya teknologi penginderaan jauh kini pengamatan suhu permukaan tanah bisa

mencakup daerah yang lebih luas. Salah satu teknologi berbasis penginderaan jauh tersebut adalah satelit *Terra* dan *Aqua* yang membawa sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) yang memiliki cakupan area yang luas yakni 2330 km² dan memiliki 36 *band* dengan resolusi spasial sebesar 250 m (*band* 1 dan 2), 500 m (*band* 3 – 7) dan 1000 m (*band* 8 – 36) dimana dari 36 *band* tersebut terdapat *band* yang secara spesifik digunakan untuk mengekstraksi suhu permukaan tanah dari citra satelit yaitu *band* 31 dan 32.

Penelitian ini dilakukan di daerah Kabupaten Malang dan Kodya Surabaya Provinsi Jawa Timur. Dimana di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2011 terjadi kekeringan di 20 kabupaten dari 29 kabupaten yang ada (Pemprov Jatim 2011) dan dari 20 kabupaten tersebut, Kabupaten Malang dan Kodya Surabaya termasuk didalamnya. Dengan kekeringan yang terjadi pada Kabupaten – Kabupaten tersebut maka akan timbul dampak dalam beberapa bidang khususnya pertanian yang menjadi sektor andalan di Kabupaten Malang dan potensi tambak yang menjadi bagian penting dari Kodya Surabaya.

Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :
 “Bagaimana melakukan analisa perubahan suhu permukaan tanah yang terjadi di daerah Kabupaten Malang dan Kodya Surabaya dengan menggunakan citra satelit *Terra* dan *Aqua* MODIS ?”

Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Wilayah studi adalah daerah Kabupaten Malang dan Kodya Surabaya.
2. Data citra satelit yang digunakan adalah citra satelit *Terra* dan *Aqua* MODIS bulan Agustus 2008, 2009 dan 2010.
3. Data pembanding yang digunakan untuk analisis adalah data suhu permukaan tanah Provinsi Jawa Timur dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Membuat peta suhu permukaan tanah daerah di Kabupaten Malang dan Kodya Surabaya dengan menggunakan citra *Terra* dan *Aqua* MODIS yang diambil pada bulan Agustus tahun 2008, 2009 dan 2010.
2. Menganalisis perubahan suhu permukaan tanah dari peta suhu permukaan tanah dari daerah Kabupaten Malang dan Kodya Surabaya dengan menggunakan citra *Terra* dan *Aqua* MODIS yang diambil pada bulan Agustus tahun 2008, 2009 dan 2010.

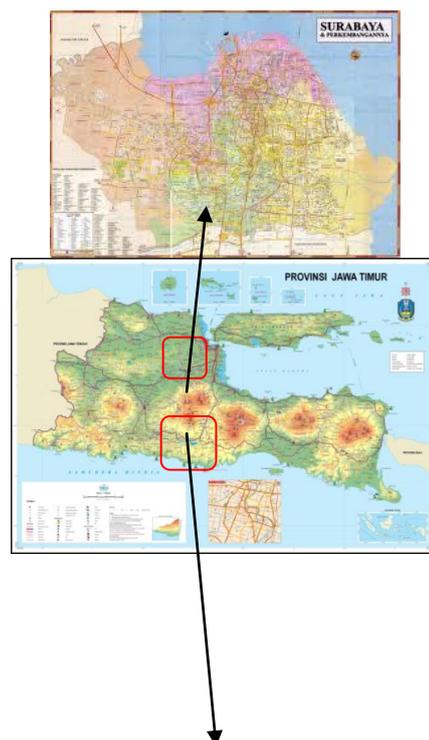
Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah mampu memberikan suatu informasi mengenai suhu permukaan tanah di daerah Kabupaten Malang dan Kodya Surabaya yang diperoleh dari analisis hasil pengolahan citra *Terra* dan *Aqua* MODIS untuk kepentingan pertanian, pengairan dan bencana alam.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah daerah Kabupaten Malang dan Kodya Surabaya. Periode pengamatan suhu permukaan tanah berdasarkan data citra satelit *Terra* dan *Aqua* MODIS adalah bulan Agustus tahun 2008, 2009 dan 2010.





Gambar 2.1 Lokasi Penelitian

Data dan Peralatan

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

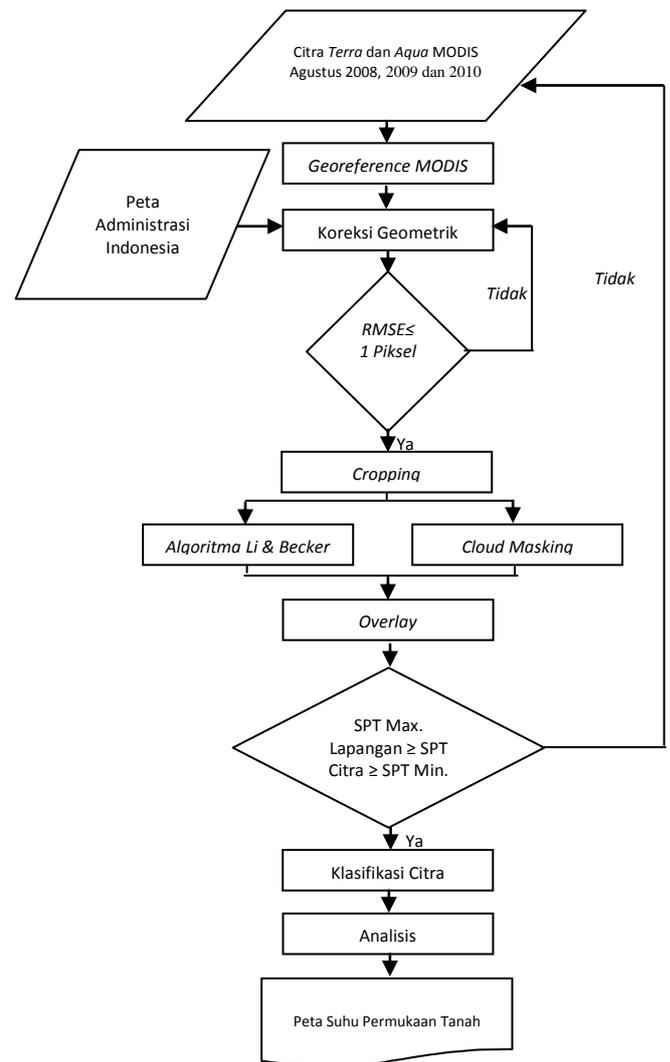
1. Data Citra satelit *Terra* dan *Aqua* MODIS bulan Agustus tahun 2008, 2009 dan 2010.
2. Data peta administrasi Indonesia skala 1 : 1.000.000.
3. Data suhu permukaan tanah Provinsi Jawa Timur (Surabaya dan Malang) dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - a. *Laptop*
2. Perangkat Lunak (*Software*)
 - a. *ENVI 4.6.1*
 - b. *Matlab 7.0.1*

Diagram Alir Pengolahan Data



Gambar 2. Diagram Tahap Pengolahan Data

Penjelasan dari diagram alir penelitian diatas adalah :

1. *Input* data citra satelit *Terra* dan *Aqua* MODIS yang diperoleh dari <http://modis.gsfc.nasa.gov/> untuk dilakukan proses pengolahan agar diperoleh nilai suhu permukaan tanahnya.
2. Proses *georeferencing* dan koreksi geometrik dilakukan pada citra yang telah di-*input*-kan agar citra awal memiliki posisi sesuai dengan kondisi yang sebenarnya di bumi. Untuk proses koreksi geometrik digunakan peta administrasi Indonesia skala 1:1000.000 sebagai acuan. Toleransi yang digunakan yaitu *Root Mean Square Error* (RMSE) - nya harus ≤ 1 piksel, apabila melebihi maka koreksi tersebut harus

diulang. Jaring yang digunakan dalam koreksi geometrik terlebih dahulu dihitung kekuatan jaringnya (*strength of figure*) dimana nilai kekuatan jaring bernilai semakin baik jika mendekati 0.

3. Citra yang telah terkoreksi geometrik kemudian di-*cropping* dengan menggunakan fasilitas *Region Of Interest* (ROI) pada *software* ENVI yang bertujuan untuk memfokuskan proses pengolahan citra pada area studi.
4. Data citra satelit yang diperoleh tidak 100% terbebas dari tutupan awan sehingga perlu dipisahkan dengan melakukan fungsi *cloud masking* yang merupakan proses untuk memisahkan awan dengan memanfaatkan panjang gelombang pada *band* 3. Pada ENVI dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi *band math* pada sub menu bar *basic tools*.
5. Algoritma Li & Becker digunakan untuk memperoleh nilai suhu permukaan tanah dengan menggunakan fungsi *band math* pada sub menu bar *basic tools* di ENVI. Algoritma yang dituliskan pada ENVI adalah sebagai berikut :

$$\text{float}((1,274+(1,001323452*((B1)+(B2))/2))+ (6,267075477*((B1)-(B2))/2))-273)$$

dimana B1 adalah pendefinisian untuk *band* 31 pada MODIS dan B2 didefinisikan untuk *band* 32.

Dalam proses ini, terlebih dahulu *band* 31 dan 32 dirubah menjadi *brightness temperature* dengan menggunakan :

- a. Algoritma *band* 31 :

$$\text{float}((1,438833*10000)/(11,017*(\text{alog}(((1,1910659*100000000)/(11,017^5*B31))+1))))$$

- b. Algoritma *band* 32 :

$$\text{float}((1,438833*10000)/(12,032*(\text{alog}(((1,1910659*100000000)/(12,032^5*B32))+1))))$$

6. Uji ketelitian suhu permukaan tanah hasil pengolahan citra dilakukan dengan melihat apakah hasil suhu permukaan tanah tersebut bernilai diantara nilai suhu permukaan tanah minimum dan maksimum dari data pengamatan lapangan. Hal itu juga bisa dituliskan menjadi sebagai berikut:

Suhu permukaan tanah maksimum dilapangan \geq Suhu permukaan tanah hasil pengolahan citra \geq Suhu permukaan tanah minimum dilapangan.

7. Proses klasifikasi dengan menganalisis sejumlah piksel berdasarkan *digital number*-nya. Proses ini dilakukan dengan menggunakan fasilitas *band threshold to ROI* pada ENVI dimana proses ini akan membagi data suhu permukaan tanah hasil pemrosesan citra kedalam beberapa kelas.
8. Pada tahap analisis, dilakukan analisa tentang perubahan suhu yang terjadi dan membandingkan hasil pengolahan citra satelit *Terra* dan *Aqua* MODIS.
9. Dari pengolahan data citra dan analisis yang dilakukan diperoleh hasil akhir berupa peta suhu permukaan tanah dari citra satelit *Terra* dan *Aqua* MODIS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemilihan Data

Pemilihan data dilakukan untuk mendapatkan data citra yang bebas dari tutupan awan. Karena pada penelitian ini tidak didapatkan citra yang benar-benar bebas dari tutupan awan, maka pada penelitian ini menggunakan data citra dengan tutupan awan yang relatif sedikit. Dari pemilihan diperoleh citra *Terra* dan *Aqua* MODIS yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Data Citra Terra dan Aqua MODIS

No	Tahun	Nama Data	Keterangan
1	2008	MOD021KM.A2008217.02 20.005.2010247065404	<i>Terra</i> - MODIS
2	2008	MOD021KM.A2008225.03 10.005.2010247092801	<i>Terra</i> - MODIS
3	2008	MOD021KM.A2008238.02 40.005.2010247231956	<i>Terra</i> - MODIS
4	2009	MOD021KM.A2009213.02 55.005.2010248073912	<i>Terra</i> - MODIS
5	2009	MOD021KM.A2009231.02 45.005.2010249115936	<i>Terra</i> - MODIS
6	2009	MOD021KM.A2009240.02 40.005.2010250030233	<i>Terra</i> - MODIS
7	2010	MOD021KM.A2010213.02 25.005.2010213134234	<i>Terra</i> - MODIS
8	2010	MOD021KM.A2010221.03 15.005.2010229204222	<i>Terra</i> - MODIS
9	2010	MOD021KM.A2010239.03 05.005.2010239141033	<i>Terra</i> - MODIS
10	2008	MYD021KM.A2008216.061 0.005.2009319221548	<i>Aqua</i> - MODIS
11	2008	MYD021KM.A2008214.062 0.005.2009319171331	<i>Aqua</i> - MODIS
12	2008	MYD021KM.A2008221.062 5.005.2009320091814	<i>Aqua</i> - MODIS

No	Tahun	Nama Data	Keterangan
13	2009	MYD021KM.A2009213.055 5.005.2009213212326	Aqua - MODIS
14	2009	MYD021KM.A2009232.062 5.005.2009232171548	Aqua - MODIS
15	2009	MYD021KM.A2009238.054 5.005.2009238170622	Aqua - MODIS
16	2010	MYD021KM.A2010228.061 5.005.2010231150934	Aqua - MODIS
17	2010	MYD021KM.A2011236.063 0.005.2011236184520	Aqua - MODIS
18	2010	MYD021KM.A2010239.055 5.005.2010239214717	Aqua - MODIS

Koreksi Geometrik dan *Strength Of Figure*

Untuk koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan Peta Administrasi Indonesia dengan nama *file* Indo_kab.shp skala 1:1.000.000 berupa peta vektor milik Bakosurtanal dimana toleransi nilai RMSE untuk koreksi geometrik adalah ≤ 1 piksel dan untuk jaring titik kontrol ditentukan dengan meletakkan titik – titik kontrol yang merata mencakup daerah studi dengan nilai SOF harus mendekati 0. Berikut rincian perhitungan RMSE dan *Strength Of Figure*.

Tabel 2. Rata-Rata RMSE dan *Strength Of Figure* (SOF)

No	Nama Data	Nilai SOF	Nilai RMSE Rata-Rata
1	MOD021KM.A200821 7.0220.005.20102470 65404	0,0016	0,42113
2	MOD021KM.A200822 5.0310.005.20102470 92801	0,000265	0,52467
3	MOD021KM.A200823 8.0240.005.20102472 31956	0,000433	0,62531
4	MOD021KM.A200921 3.0255.005.20102480 73912	0,000337	0,64622
5	MOD021KM.A200923 1.0245.005.20102491 15936	0,000384	0,66392
6	MOD021KM.A200924 0.0240.005.20102500 30233	0,000297	0,46233
7	MOD021KM.A201021 3.0225.005.20102131 34234	0,000882	0,67364
8	MOD021KM.A201022 1.0315.005.20102292 04222	0,000176	0,53254
9	MOD021KM.A201023 9.0305.005.20102391 41033	0,000442	0,66435

No	Nama Data	Nilai SOF	Nilai RMSE Rata -Rata
11	MYD021KM.A200821 4.0620.005.20093191 71331	0,000514	0,65236
12	MYD021KM.A200822 1.0625.005.20093200 91814	0,000725	0,67354
13	MYD021KM.A200921 3.0555.005.20092132 12326	0,000606	0,57488
14	MYD021KM.A200923 2.0625.005.20092321 71548	0,000384	0,58782
15	MYD021KM.A200923 8.0545.005.20092381 70622	0,0011	0,54317
16	MYD021KM.A201022 8.0615.005.20102311 50934	0,000442	0,68273
17	MYD021KM.A201123 6.0630.005.20112361 84520	0,000514	0,53738
18	MYD021KM.A201023 9.0555.005.20102392 14717	0,000606	0,47628

Perbandingan Nilai Suhu Permukaan Tanah dari Citra dengan Data Lapangan

Proses pengolahan citra dengan menggunakan algoritma Li & Becker menghasilkan nilai suhu permukaan tanah pada piksel lokasi stasiun pengamatan berada dengan nilai sebagai berikut :

Tabel 3. Nilai SPT Rata – Rata Data Lapangan

No	Lokasi	Data SPT Rata - Rata Lapangan		
		2008	2009	2010
1	Stasiun Geofisika Karangates	24,5	24,3	25,3
2	Stasiun Klimatologi Karangploso	19,1	22,3	23,4
3	Stasiun Meteorologi Maritim	28,5	28,8	29,2

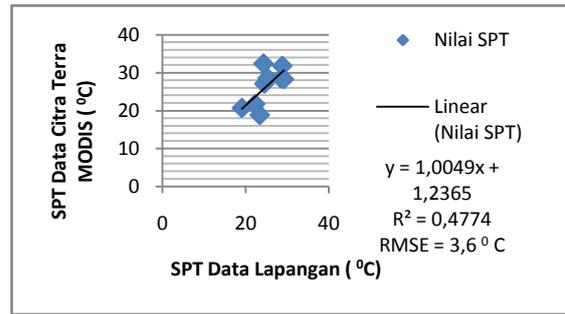
Tabel 4. Nilai SPT Rata-Rata Hasil Pengolahan Citra Terra – MODIS

No	Lokasi	Nilai SPT Rata - Rata Citra Terra - MODIS		
		2008	2009	2010
1	Stasiun Geofisika Karangates	27,073	32,375	28,541
2	Stasiun Klimatologi Karangploso	20,659	21,699	18,813
3	Stasiun Meteorologi Maritim	28,424	31,786	28,274

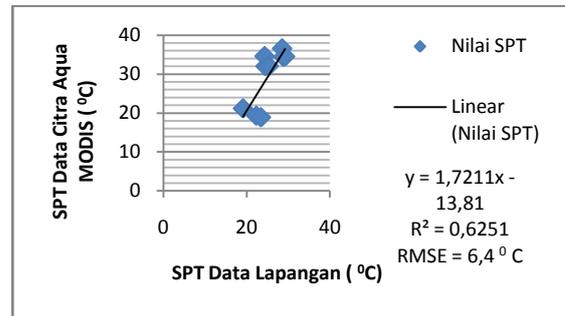
Tabel 5. Nilai SPT Rata-Rata Hasil Pengolahan Citra Aqua – MODIS

No	Lokasi	SPT Rata - Rata Citra Aqua - MODIS		
		2008	2009	2010
1	stasiun Geofisika Karangates	32,037	34,611	32,072
2	Stasiun Klimatologi Karangploso	21,162	19,287	18,885
3	Stasiun Meteorologi Maritim	36,605	34,443	34,534

Untuk nilai perbandingan yang dihasilkan dari hubungan SPT citra Terra MODIS dan SPT data lapangan, diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,4774 yang berarti memiliki nilai korelasi (R) sebesar 0,6909 (69,09%) dengan nilai RMSE sebesar $3,6^{\circ}\text{C}$ dan untuk nilai perbandingan yang dihasilkan dari hubungan SPT citra Aqua MODIS dan SPT data lapangan, diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,6251 yang berarti memiliki nilai korelasi (R) sebesar 0,7906 (79,06%) dan dengan nilai RMSE sebesar $6,4^{\circ}\text{C}$. Besar nilai koefisien korelasi ini menunjukkan nilai keterhubungan antara data SPT lapangan dengan data SPT dari pengolahan citra satelit baik Terra dan Aqua MODIS dimana nilai ini diperoleh dari rasio kovariansi antara data SPT hasil pengolahan citra dan data SPT lapangan terhadap hasil kali simpangan baku data SPT hasil pengolahan citra dan simpangan baku data SPT lapangan. Nilai tersebut dapat dilihat seperti tampak pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. Diagram Pencar dan Garis Linear SPT Terra MODIS terhadap Data Lapangan



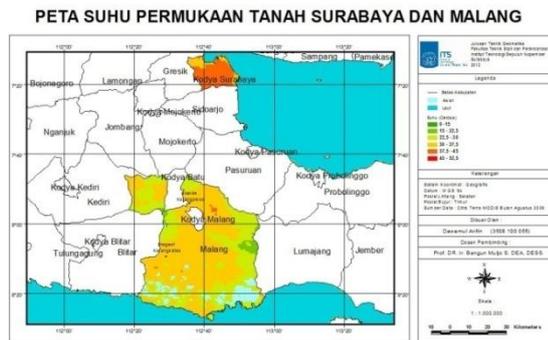
Gambar 4. Diagram Pencar dan Garis Linear SPT Aqua MODIS terhadap Data Lapangan

Peta Suhu Permukaan Tanah

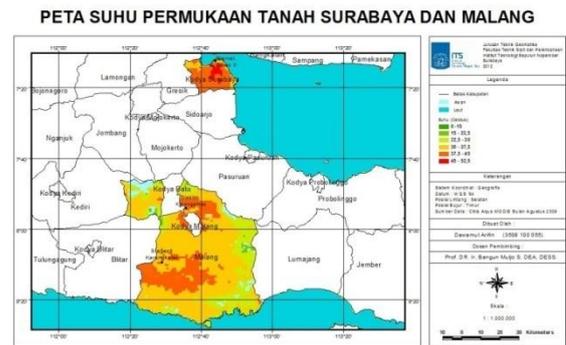
Dari data citra yang telah diolah kemudian dibuat menjadi suatu peta suhu permukaan tanah seperti tampak pada gambar dibawah ini:



Gambar 5. Peta Suhu Permukaan Tanah Surabaya dan Malang Bulan Agustus 2008 hasil pengolahan citra Terra MODIS



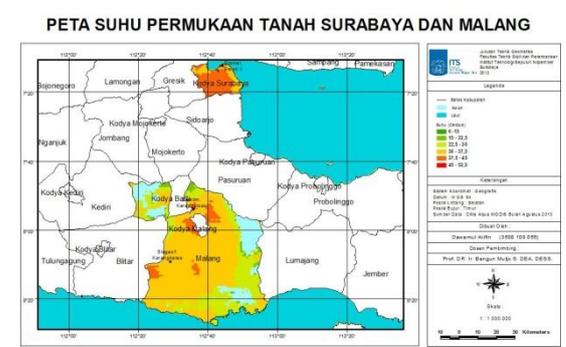
Gambar 6. Peta Suhu Permukaan Tanah Surabaya dan Malang Bulan Agustus 2009 hasil pengolahan citra Terra MODIS



Gambar 9. Peta Suhu Permukaan Tanah Surabaya dan Malang Bulan Agustus 2009 hasil pengolahan citra Aqua MODIS



Gambar 7. Peta Suhu Permukaan Tanah Surabaya dan Malang Bulan Agustus 2010 hasil pengolahan citra Terra MODIS



Gambar 10. Peta Suhu Permukaan Tanah Surabaya dan Malang Bulan Agustus 2010 hasil pengolahan citra Aqua MODIS



Gambar 8. Peta Suhu Permukaan Tanah Surabaya dan Malang Bulan Agustus 2008 hasil pengolahan citra Aqua MODIS

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang pemetaan SPT, maka didapatkan beberapa kesimpulan akhir dari penelitian ini, yaitu:

1. Perbandingan data SPT dari citra dengan data lapangan menunjukkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,4774 dan nilai korelasi (R) sebesar 0,6909 (69,09%) untuk SPT citra Terra MODIS dan data SPT lapangan serta R^2 sebesar 0,6251 dan R sebesar 0,7906 (79,06%) untuk SPT citra Aqua MODIS dan data SPT lapangan.
2. Hasil pengolahan citra Aqua MODIS menunjukkan bahwa pada tahun 2008, 2009 dan 2010 daerah Kabupaten Malang didominasi oleh daerah dengan nilai suhu 30 – 37,5 $^{\circ}\text{C}$. Pada tahun 2009 terjadi perubahan dimana daerah dengan rentang nilai suhu 37,5 – 45 $^{\circ}\text{C}$ meluas.

3. Untuk daerah Surabaya, hasil pengolahan citra Aqua MODIS menunjukkan bahwa pada tahun 2008, 2009 dan 2010 daerah dengan nilai suhu 37,5 – 45 0C mendominasi. Pada tahun 2009 terjadi perubahan suhu dimana muncul daerah dengan nilai suhu 45 – 52,5 0C dan pada tahun 2010 daerah Surabaya kembali didominasi daerah dengan nilai suhu 37,5 – 45 0C dan tidak ada daerah dengan nilai suhu diatas rentang nilai suhu tersebut.
4. Hasil pengolahan citra Terra MODIS menunjukkan bahwa pada tahun 2008 dan 2009, daerah Kabupaten Malang didominasi oleh daerah dengan nilai suhu 30 – 37 0C. Akan tetapi daerah Kabupaten Malang pada tahun 2010 didominasi oleh daerah dengan nilai suhu 22,5 – 30 0C. Pada tahun 2009 terdapat daerah dengan rentang nilai suhu 37,5 – 45 0C yang muncul.
5. Untuk daerah Surabaya, hasil pengolahan citra Terra MODIS menunjukkan bahwa pada tahun 2008 daerah dengan nilai suhu 30 – 37 0C mendominasi. Sedangkan pada tahun 2009 terjadi perubahan suhu dimana muncul daerah dengan nilai suhu 37,5 – 45 0C yang mendominasi daerah Surabaya dan pada tahun 2010 daerah Surabaya kembali didominasi daerah dengan nilai suhu 30 – 37 0.
6. Perbandingan data SPT dari citra dengan data lapangan menunjukkan nilai RMSE sebesar 3,6 0C untuk SPT hasil pengolahan citra Terra MODIS dan sebesar 6,4 0C untuk SPT hasil pengolahan citra Aqua MODIS . Hal ini menunjukkan bahwa citra Terra MODIS lebih baik dibandingkan dengan citra Aqua MODIS dalam memperoleh nilai suhu permukaan tanah.

Saran

Berdasarkan hasil pengolahan data dan kesimpulan yang diperoleh, dapat dianalisis bahwa :

1. Perlu dilakukan pemetaan suhu permukaan tanah dengan menggunakan data yang memiliki tingkat resolusi yang lebih baik, baik resolusi spasial maupun temporal.
2. Data validasi yang digunakan sebaiknya data insitu yang memiliki parameter waktu yang

sama persis dengan waktu perekaman data citra satelit.

3. Untuk penelitian selanjutnya lebih baik memperhatikan unsur-unsur yang terkait dengan tingkat suhu permukaan tanah.
4. Perubahan suhu permukaan tanah yang terjadi mengharuskan bidang – bidang yang berkaitan dengan suhu untuk melakukan pengembangan atau perubahan pola atau sistem untuk mengatasi hal tersebut sehingga perubahan tersebut tidaklah memberikan pengaruh negatif sehingga kerugian yang mungkin muncul dapat diminimalisir.
5. Untuk mendapatkan nilai spektral hutan dengan ketelitian yang baik, digunakan data lapangan dengan mengukur nilai spektral hutan menggunakan spektrometer.
6. Perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan algoritma yang lebih spesifik untuk pendefinisian daerah hutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z., dkk. 2002. Survei Dengan Gps. Jakarta: Pradnya Paramitha.
- Ariadi, W. 2007. Estimasi Evapotranspirasi Spasial Menggunakan Suhu Permukaan Darat (SPT) Dari Data MODIS TERRA / AQUA Dan Pengaruhnya Terhadap Kekeringan. Bogor : Skripsi Departemen Geofisika dan Meteorologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- http://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/products/modis_overview. Dikunjungi pada tanggal 26 September 2011, Jam 11:10 WIB
- <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>. Dikunjungi pada tanggal 26 September 2011, Jam 11:24 WIB
- http://nsidc.org/data/docs/daac/AQUA_platform.gd.html. Dikunjungi pada tanggal 22 Oktober 2011, Jam 20:34 WIB.
- <http://www.jatimprov.go.id/>. Dikunjungi pada 17 Oktober 2011, Jam 15.44 WIB.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., and Chipman J.W.2004. Remote Sensing and Image Interpretation. Fifth Edition. New york : John Wiley & Sons.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W.1994. Remote Sensing and Image Interpretation. Fifth

- Edition. New York : John Wiley & Sons.
- Martin, S. 2004. An Introduction to Ocean Remote Sensing. United Kingdom : University of Cambridge.
- Prasasti, I., dkk. 2004. Pengkajian Nilai Indeks Vegetasi Data MODIS dengan Menerapkan Beberapa Algoritma Pengolahan Data Indeks Vegetasi
- Purwadhi, S.H. 2001. Interpretasi Citra Digital. Jakarta: Grasindo
- Rafi'i, Suryatna. 1995. Meteorologi dan Klimatologi. Angkasa. Bandung
- Short, N. M. 1982. The Landsat Tutorial Workbook: Basics of Satellite Remote Sensing, Scientific and Technical Information Branch. NASA, Washington DC.
- Suseno, W., Rokhmatullah, Wibowo, A. 2008. Ekstraksi Pola Kekeringan Pertanian Pulau Jawa Menggunakan Data Satelit NOAA-18 AVHRR.
- Sutanto. 1984. Penginderaan Jauh Jilid 1. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q., Li, Z. 2002. "Validation of the Land-Surface Temperature products Retrieved from TERRA Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Data". Remote Sensing of Environment 83 (March):163-180.
- Wan, Z. 1999. "MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD)", <URL:<http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/>>,. Dikunjungi pada tanggal 20 Oktober 2011, jam 18.36.