

PENENTUAN MODEL MATEMATIS YANG OPTIMAL SUHU PERMUKAAN LAUT DI PANTAI UTARA GRESIK BERBASIS NILAI REFLEKTAN CITRA SATELIT AQUA MODIS

(Optimization of Mathematical Model Sea Surface Temperature in North Coast of Gresik Based on Aqua Modis Images Surface Reflectance)

¹Hendrata Wibisana, ²Bangun Muljo S., dan ³Umboro Lasminto

Teknik geomatika, ITS Surabaya^{1, 2}

Program Studi Teknik Sipil, UPN "Veteran" Jawa Timur, Surabaya¹

Teknik Sipil, ITS Surabaya³

Jl. Raya ITS, Sukolilo, Surabaya, 60111 Indonesia

Email : hendrata2008@gmail.com

Diterima (received): 14 Februari 2018; Direvisi (revised): 16 Mei 2018 ; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 30 Mei 2018

ABSTRAK

Suhu permukaan laut (SPL) merupakan salah satu parameter yang banyak dipakai untuk mendeteksi perubahan iklim salah satunya adalah perubahan ekosistem yang terjadi di perairan pesisir pantai. Perubahan suhu yang ekstrim akan menyebabkan biota yang ada di pesisir pantai mengalami gangguan, dan akibat dari perubahan ini akan mengubah tatanan ekosistem yang ada. Dalam kaitannya dengan fenomena alam tersebut peranan penginderaan jauh sangat menentukan karena teknologi ini mampu untuk menjawab permasalahan tersebut, dan teknologi ini memiliki keunggulan dalam memetakan area yang cukup besar serta ditunjang dengan kemampuan multi temporal sehingga teknologi ini merupakan jawaban yang tepat untuk dipakai dan dikembangkan. Penelitian ini dilakukan menggunakan citra satelit Aqua Modis *level 2* dengan tujuan untuk mendapatkan model matematika yang terbaik dalam upaya memodelkan suhu permukaan laut. Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa model matematis yang paling optimal berasal dari kanal 667 nm, dimana bentuk model matematis tersebut adalah polinomial kubik dengan persamaan: $T = -4E+09(Rrs_667)^3 + 1E+07(Rrs_667)^2 - 14356(Rrs_667) + 30,934$ dengan nilai $R = 0,901$.

Kata kunci: suhu permukaan laut, citra aqua modis, model matematis , penginderaan jauh

ABSTRACT

Sea surface temperature (SST) is one of the parameters that are widely used for climate change detection and one of them which is the change in ecosystems that occur behind the coast. Extreme changed of the temperature will cause disturbed biota on the coast, and as a result of these changes will alter the existing ecosystem. In the connection with this natural phenomenon the role of remote sensing is very decisive because this technology is able to answer the problem, and this technology has the advantage in covering a large enough area and supported by multi-temporal capabilities so that this technology is the right answer to use and develop. This study was conducted using Aqua Modis level 2 satellite imagery with the aim to find of the best mathematical model in the effort to model sea surface temperature. The result shown that the most optimal model comes from channel 667 nm, where is the best mathematical model are cubic polinomial with the matematic expression: $T = -4E+09(Rrs_667)^3 + 1E+07(Rrs_667)^2 - 14356(Rrs_667) + 30,934$ and the value $R = 0,901$.

Keywords: sea surface temperature, aqua modis images, mathematical models, remote sensing

PENDAHULUAN

Suhu permukaan laut (SPL) merupakan salah satu parameter yang sering digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan iklim dan ekosistem dalam suatu perairan (Abrams, 2000; Cavalli, 2017). Sebagai parameter, SPL memainkan peran dalam perubahan suhu rata-rata permukaan laut yang dapat dideteksi secara langsung dengan pengukuran yang sederhana menggunakan termometer. Perubahan suhu sebesar 1° celcius

akan memberikan dampak yang cukup signifikan, dimana biota laut akan mengalami perubahan. Ada beberapa spesies ikan yang amat peka terhadap sedikit perubahan temperatur, sehingga dalam perubahan ini akan mengakibatkan perpindahan populasi ikan menuju habitat yang sesuai dengan kondisi hidup ikan-ikan tersebut (Dahuri, Rais, Ginting & Sitepu, 1996). Demikian juga dengan iklim yang ada, dengan adanya perubahan suhu permukaan laut maka daur hidrologi juga akan mengalami perubahan, dalam hal ini intensitas

curah hujan akan berubah, dan perubahan ini memberikan dampak yang kurang menguntungkan untuk ekosistem yang ada dalam lingkungan tersebut maka daur hidrologi juga akan mengalami perubahan, dalam hal ini intensitas curah hujan akan berubah, dan perubahan ini memberikan dampak yang kurang menguntungkan untuk ekosistem yang ada dalam lingkungan tersebut.

Pengukuran SPL sudah sangat banyak dilakukan dimana untuk kurun waktu beberapa tahun terakhir pemetaan SPL sudah dilakukan dengan pemanfaatan citra satelit AVHRR dari NOAA (Kusuma, 2008; Pareeth et al., 2016; Tsai, Lin & Yang, 2016). Adapun pemetaan SPL juga dilakukan dengan menggunakan citra satelit Aqua dan Terra Modis (Hosoda, Murakami, Sakaida, & Kawamura, 2007; Koner & Harris, 2016a; Liang et al., 2017). Hasil yang diperlihatkan dengan metode penginderaan jauh cukup akurat dan menjangkau areal yang sangat luas, sehingga untuk masa mendatang pengukuran dengan citra satelit akan terus dikembangkan seiring dengan kemajuan teknologi yang menggunakan sensor untuk mendeteksi nilai SPL di lapangan (Lillesand, 2000).

Hubungan antara nilai SPL dengan pancaran radiasi gelombang elektromagnetik dari sinar matahari yang ditangkap oleh sensor dari satelit terhadap muka bumi dapat dicari melalui pengembangan algoritma penginderaan jauh (Chen, Duan, Ren, Labeled & Li, 2017; Rahman, 2018; Zhang, Giardino & Li, 2017). Salah satu citra satelit yang digunakan untuk mendeteksi nilai SPL adalah Aqua Modis (He, Zhong, Feng, & Zhang, 2016; Hosoda et al., 2007; Jaelani, Sukojo, Hendra, 2011; Koner & Harris, 2016b). Dengan kemampuan resolusi spasial dari sensor sebesar 250 meter, 500 meter dan 1 km, maka citra Modis dapat digunakan untuk mendeteksi area cakupan yang sangat luas.

Sensor MODIS (*MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer*) dipasang pada satelit Terra pada 18 Desember 1999 dan Aqua pada 4 Mei 2002. Satelit Terra dan Aqua adalah bagian dari misi *Earth's Observation System* milik NASA yang terdiri dari satelit yang dirancang untuk pengamatan panjang terhadap lautan, atmosfer biosfer dan permukaan bumi. Sensor MODIS memiliki cermin perekam gambar berputar untuk temperatur di bumi yang mampu merekam pada 36 *band* dari panjang gelombang 0,405 sampai 14,385 μm . Spesifikasi teknis disajikan pada **Tabel 1**.

Temperatur yang diukur meliputi permukaan laut, atmosfer, awan dan suhu tanah. Selain itu parameter lain yang diukur adalah warna samudera, fitoplankton, aerosol, uap air dan ketinggian awan. Instrumen MODIS memberikan sensitivitas radiometrik yang cukup tinggi (12 bit) pada 36 kanal yang berkisar dari panjang gelombang 0,4 μm sampai 14,4 μm . Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model matematika yang paling optimum dari reflektan citra satelit Aqua Modis

terhadap nilai SPL di mana dari hasil persamaan matematika yang diperoleh lewat pengembangan model matematis dapat ditentukan dan diramalkan nilai SPL untuk masa mendatang.

Tabel 1. Spesifikasi sensor Modis.

<i>Orbit:</i>	<i>705 km, 10:30 a.m. descending node (Terra) or 1:30 p.m. ascending node (Aqua), sun-synchronous, near-polar, circular</i>
<i>Scan Rate:</i>	<i>20.3 rpm, cross track</i>
<i>Swath Dimensions:</i>	<i>2330 km (cross track) by 10 km (along track at nadir)</i>
<i>Teleskop:</i>	<i>17.78 cm diam. off-axis, afocal (collimated), with intermediate field stop</i>
<i>Ukuran:</i>	<i>1.0 x 1.6 x 1.0 m</i>
<i>Berat:</i>	<i>228.7 kg</i>
<i>Tenaga:</i>	<i>162.5 W (single orbit average)</i>
<i>Kecepatan perekaman data:</i>	<i>10.6 Mbps (peak daytime); 6.1 Mbps (orbital average)</i>
<i>Quantization:</i>	<i>12 bits</i>
<i>Spatial Resolution:</i>	<i>250 m (bands 1-2) 500 m (bands 3-7) 1000 m (bands 8-36)</i>
<i>Design Life:</i>	<i>6 years</i>

Sumber: <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>.

METODE

Penelitian berlokasi di pesisir pantai utara Kabupaten Gresik yang diperlihatkan pada **Gambar 1**. Pada koordinat 6° 48' 33" Lintang selatan dan 112° 21' 27" bujur timur hingga 7° 03' 34" Lintang selatan dan 112° 50' bujur timur. **Gambar 1** memperlihatkan citra satelit Aqua Modis yang diambil dari laman web <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/> dengan waktu pemilihan adalah bulan Juni 2017 untuk daerah pulau Jawa dan sekitarnya. Waktu tersebut dipilih karena pada bulan tersebut persentase awan yang menutupi area pesisir pantai adalah kecil sehingga pengamatan dapat dilakukan dengan baik, dan dengan pengambilan data yang bebas awan nantinya akan dapat dihasilkan nilai reflektan yang baik pula, hal ini sudah terlihat dari penelitian yang telah dilakukan oleh Cavalli (Cavalli, 2017). Citra satelit aqua modis selanjutnya dipotong (*crop*) untuk daerah yang diteliti dengan bantuan SeaDass 7.2. Hasil pemotongan diperlihatkan pada **Gambar 2**.

Pengukuran suhu permukaan laut (SPL) dilakukan dengan alat termometer alkohol dan data diambil pada kedalaman 20 cm pada kolom

permukaan laut di pesisir pantai utara Gresik. Jumlah titik pengukuran yang diambil sebanyak 20 dengan lokasi penempatan yang tersebar di pesisir Ujungpangkah Gresik, dan dari keseluruhan sampel diambil 10 titik digunakan untuk mencari model matematika yang optimum sedangkan 10 titik yang lain digunakan sebagai validasi dari model matematis yang sudah diperoleh. Pengukuran algoritma SPL juga dilakukan dengan menggunakan data SPL dari citra satelit Aqua modis, pada posisi koordinat yang sama di ekstrak nilai SPL tersebut kemudian dilakukan analisa nilai SPL dengan bantuan SEADass 7. sehingga diperoleh nilai SPL ekstraksi dari citra satelit. Dengan pengolahan *scattering* dari data SPL ini diperoleh algoritma optimum dari citra satelit yang kemudian dibandingkan dengan algoritma dari data yang sudah diperoleh sebelumnya.

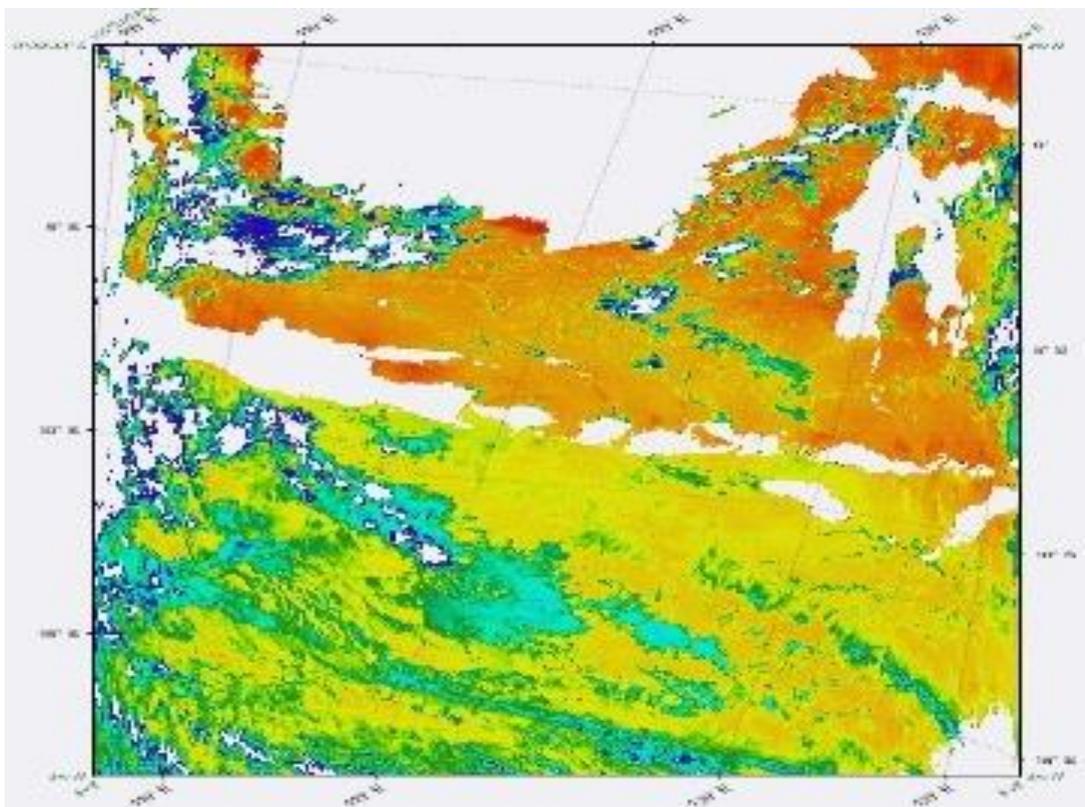
Bentuk Algoritma

Untuk mencari algoritma yang paling optimal yang dapat menggambarkan nilai suhu permukaan laut dicari nilai korelasi R dari diagram *scatter* yang ada, dan dengan bantuan program excel dipilih model persamaan yang sudah tersedia yaitu bentuk linier, eksponen, logaritmik, polinomial dan power. Model persamaan ini masing-masing memiliki karakteristik tersendiri dan dengan melihat nilai R yang dihasilkan maka dapat diambil model

persamaan yang paling optimal (**Persamaan 1, Persamaan 2, Persamaan 3, Persamaan 4, Persamaan 5, Persamaan 6, Persamaan 7, Persamaan 8, Persamaan 9** dan **Persamaan 10**).

- Model linier:
 $y = ax + b$ (1)
- Model eksponen:
 $y = a \cdot e^{bx}$ (2)
- Model logaritmik:
 $y = a \cdot \ln(x) + b$ (3)
- Model polinom derajat 2:
 $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$ (4)
- Model polinom derajat 3:
 $y = a \cdot x^3 + b \cdot x^2 + c \cdot x + d$ (5)
- Model power :
 $y = a \cdot x^b$ (6)
- $y = ax + b$ (7)
- $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$ (8)
- $y = a \cdot x^3 + b \cdot x^2 + c \cdot x + d$ (9)
- $y = a \cdot x^b$ (10)

dimana:
 y = *dependent variable* (terikat);
 x = *independent variable* (bebas);
 a, b, c dan d = koefisien variabel.



Gambar 1. Citra satelit Aqua modis Level 2 A2017178055500.L2_LAC_OC.nc memperlihatkan tampilan 1 *scene* utuh daerah pulau Jawa dan sekitarnya.

Variabel terikat di sini mewakili untuk parameter suhu permukaan laut (SPL), dan variabel x mewakili untuk panjang gelombang dari reflektan citra satelit Modis. Hal ini dimaksudkan bahwa dengan adanya perubahan pada nilai reflektan citra satelit akan mempengaruhi besaran nilai dari suhu permukaan laut, sehingga diharapkan dari penelitian ini akan didapatkan model matematis yang optimal yang dapat menggambarkan hubungan antara suhu permukaan laut dengan nilai reflektan yang ada. Penelitian ini menggunakan citra Aqua Modis yang di download pada laman <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>, dimana file citra aqua modis yang diperoleh adalah citra Level 2 diakuisisi tanggal 27 bulan Juni tahun 2017, A2017178055500.L2_LAC_OC.nc.

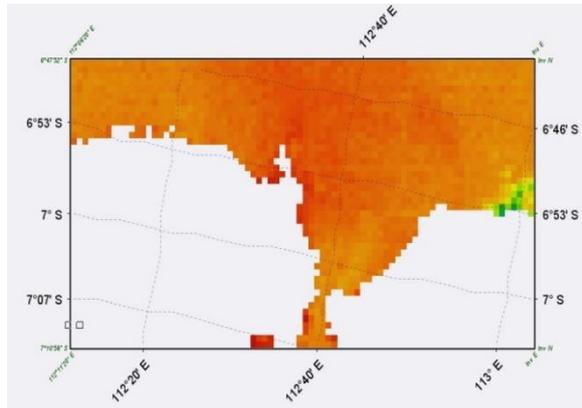
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan bantuan kapal nelayan yang membawa *surveyor* untuk mengambil data suhu permukaan laut telah diperoleh data suhu pada beberapa titik penelitian yang sudah dipilih sebelumnya, diperlihatkan pada **Tabel 2**. **Tabel 2** memperlihatkan nilai-nilai SPL yang telah diukur dengan termometer pada kedalaman 20 cm dibawah permukaan air laut, sedangkan ekstrak nilai reflektan pada beberapa panjang gelombang yang dipilih dari citra Modis diperlihatkan pada **Tabel 3**.

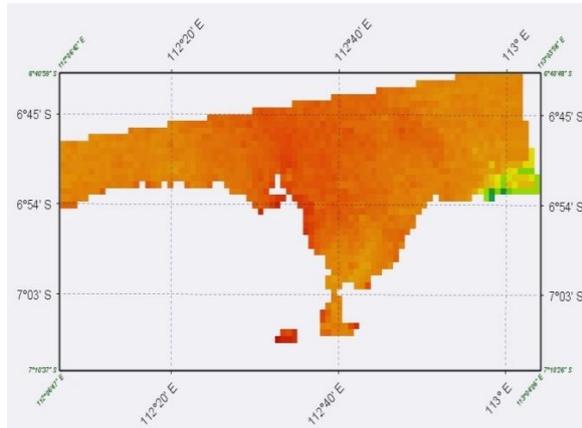
Tabel 2. Koordinat pengambilan data SPL tanggal 27 bulan Juni 2017.

Lon	Lat	SPL (Celcius)
112,69522	-6,89170	27,71
112,67362	-6,87597	28,95
112,72945	-6,83600	27,39
112,70039	-6,80868	30,44
112,79971	-6,80419	27,62
112,89573	-6,76818	27,58
112,99815	-6,76325	27,42
112,40276	-6,80405	29,44
112,44629	-6,77682	26,94
112,50346	-6,75782	25,45

Nilai reflektan dalam tabel ini diambil dari citra Modis bulan Juni 2017. Citra satelit Aqua Modis pada **Gambar 1** setelah dilakukan pengolahan berupa pemotongan citra diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**. Pemotongan ini diperlukan untuk lebih fokus pada area penelitian. Selanjutnya dari **Gambar 2** yang diperoleh dilakukan reprojeksi supaya koordinat yang ada memiliki nilai yang mendekati koordinat di lapangan, hasil reprojeksi diperlihatkan pada **Gambar 3**.



Gambar 2. Peta hasil pemotongan citra satelit Aqua Modis di pesisir pantai Gresik pada bulan Juni 2017.



Gambar 3. Citra satelit aqua Modis hasil reprojeksi dengan metode *nearest neighbor* daerah pesisir pantai Gresik.

Tabel 3. Ekstrak nilai reflektans dari citra satelit Modis bulan Juni 2017.

Titik data	Rrs_443	Rrs_531	Rrs_667
1	0,008294	0,003622	0,000204
2	0,009086	0,004182	0,000270
3	0,010672	0,005324	0,000418
4	0,007060	0,003378	0,000268
5	0,006666	0,003832	0,000272
6	0,006946	0,002618	0,000188
7	0,006350	0,002670	0,000180
8	0,008110	0,008464	0,000372
9	0,006402	0,008534	0,000952
10	0,006112	0,006170	0,001122

Sumber: hasil ekstraksi citra satelit Modis.

Tabel 3 memperlihatkan nilai reflektan pada panjang gelombang citra Modis untuk 443 nm, 531 nm dan 667 nm. Panjang gelombang ini dipilih mewakili pancaran gelombang elektromagnetik dari warna merah (667 nm), warna hijau (531 nm) dan warna biru (443 nm). Nilai reflektan pada **Tabel 3** dengan masing-masing panjang gelombang dilakukan pengolahan dengan model matematis

yang sudah ditentukan sebelumnya dan hasilnya diperlihatkan pada **Tabel 4**.

Pengolahan algoritma dengan reflektan pada panjang gelombang 443 nm, dan hasil untuk masing-masing model yang sesuai menunjukkan adanya nilai R^2 yang bervariasi dengan model polinom memiliki nilai R^2 yang lebih tinggi dari model yang lainnya. **Tabel 5** memperlihatkan nilai pengolahan algoritma untuk reflektan pada panjang gelombang 531 nm, sedangkan pengolahan untuk reflektan pada panjang gelombang 667 diperlihatkan pada **Tabel 6**. Nilai model matematis dan nilai korelasinya masing-masing yang dihasilkan oleh kanal merah (Rrs_667) menunjukkan hasil yang paling maksimal.

Tabel 4. Algoritma untuk reflektan Rrs_443 citra modis.

No	Algoritma	Model matematis	R^2
1	Linier	$y = 88,525x + 26,93$	0,0144
2	Eksponen	$y = 26,88e^{3,4005x}$	0,0160
3	Logaritmik	$y = 0,992\ln(x) + 32,46$	0,0279
4	Polinom 2	$y = -303512x^2 + 5099,7x + 6,969$	0,3239
5	Polinom 3	$y = 2E+08x^3 - 5E+06x^2 + 41059x - 89,548$	0,4303
6	Power	$y = 33,151x^{0,0376}$	0,0301

Tabel 5. Algoritma untuk reflektan Rrs_531 citra Modis.

No	Algoritma	Model matematis	R^2
1	Linier	$y = -401,04x + 29,557$	0,6725
2	Eksponen	$y = 29,623e^{-14,64x}$	0,6742
3	Logaritmik	$y = -2,098\ln(x) + 16,255$	0,7036
4	Polinom 2	$y = 74654x^2 - 1246,1x + 31,578$	0,7315
5	Polinom 3	$y = 7E+07x^3 - 1E+06x^2 + 4571,6x + 22,695$	0,8235
6	Power	$y = 18,235x^{-0,077}$	0,7044

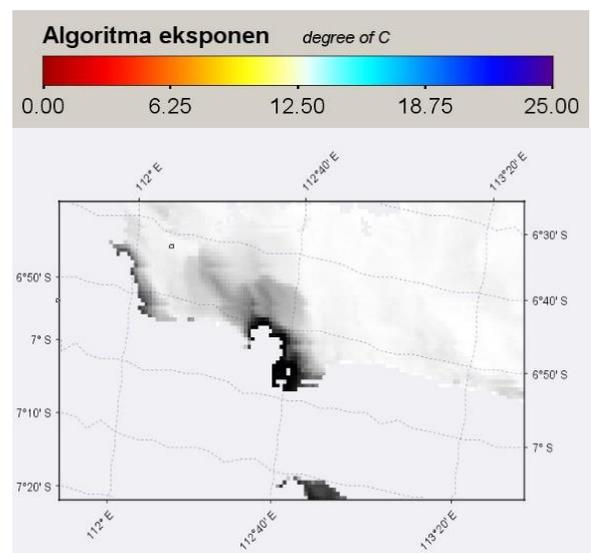
Pengolahan Algoritma yang dilakukan pada **Tabel 4**, **Tabel 5** dan **Tabel 6** adalah algoritma satu kanal dengan hasil yang sudah ada untuk 10 titik pengukuran yang dilakukan. Untuk pengolahan algoritma yang lain sebagai perbandingan dipilih bentuk rasio dari 2 kanal yaitu bentuk perbandingan Rrs_667/Rrs_443 dan bentuk Rrs_667/Rrs_531. Bentuk algoritma 2 kanal yang dilakukan dalam rasio kanal 667 terhadap kanal 443 dan kanal 531 dipilih berdasarkan percobaan yang sudah pernah dilakukan oleh (Muslim, Usman, & Yani, 2017), juga

adanya ide untuk memodifikasi algoritma 1 kanal yang ada menjadi 2 kanal. (Ha, Koike & Nhuan, 2013; Jaelani, Sukojo & Hendra, 2011).

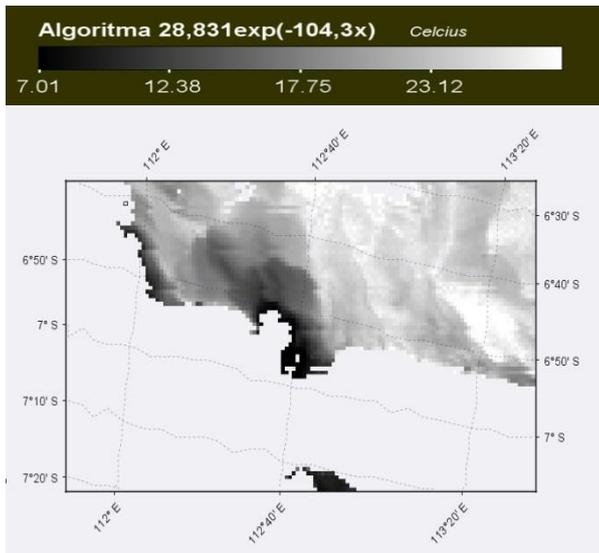
Tabel 6. Algoritma untuk reflektan Rrs_667 citra Modis.

No	Algoritma	Model matematis	R^2
1	Linier	$y = -2836,7x + 28,806$	0,7744
2	Eksponen	$y = 28,831e^{-104,3x}$	0,7874
3	Logaritmi k	$y = -1,567\ln(x) + 15,102$	0,8696
4	Polinom 2	$y = 6E+06x^2 - 10677x + 30,426$	0,8965
5	Polinom 3	$y = -4E+09x^3 + 1E+07x^2 - 14356x + 30,934$	0,9014
6	Power	$y = 17,446x^{-0,057}$	0,8790

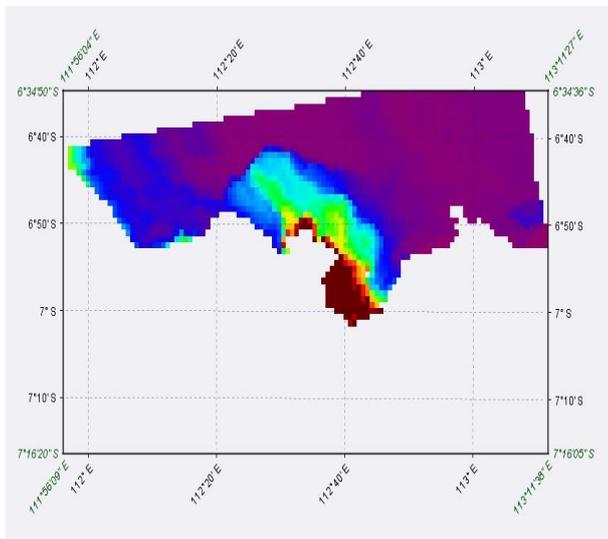
Hasil pemetaan untuk citra Aqua Modis model linier diperlihatkan pada **Gambar 4**, **Gambar 5**, untuk model eksponen, sedangkan **Gambar 6**, dan **Gambar 7** memperlihatkan hasil untuk model logaritmik dan model *power*. Untuk peta sebaran nilai SPL yang diperlihatkan pada **Gambar 4** tidak memberikan kontras yang cukup tinggi, hal yang sama berlaku untuk sebaran SPL pada **Gambar 5** hal ini disebabkan karena adanya nilai-nilai reflektan yang diberikan oleh citra Modis setelah dilakukan operasi matematika pada kanal 667 nm, nilai tersebut banyak berada pada suhu yang ekstrim, diatas suhu 29° Celcius sehingga warna citra dalam skala *grayscale* tidak memberikan nilai kontras yang optimum. Hal yang sama juga terjadi pada **Gambar 7** yaitu gambaran algoritma dengan model *power*, dimana banyak nilai-nilai suhu yang berada di bawah nilai suhu terendah 15° Celcius.



Gambar 4. Peta sebaran nilai SPL citra Modis pada panjang gelombang 667 nm, dengan algoritma linier.



Gambar 5. Peta sebaran nilai SPL citra Modis pada panjang gelombang 667 nm, dengan algoritma eksponen.



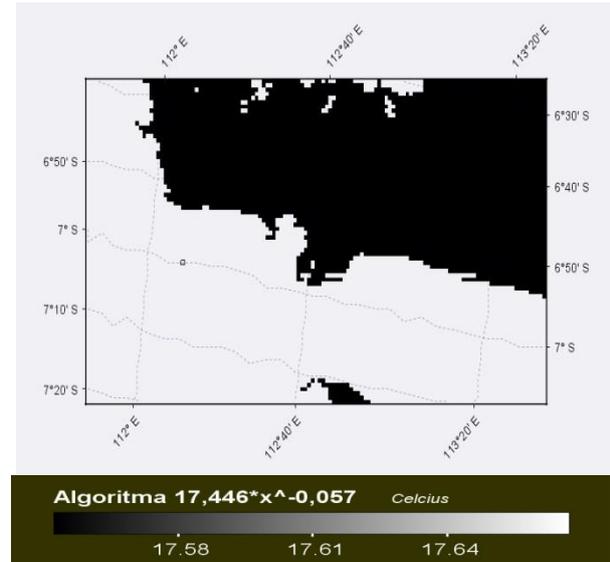
Gambar 6. Peta sebaran nilai SPL citra Modis pada panjang gelombang 667 nm, dengan algoritma logaritmik.

Tabel 7. Algoritma untuk rasio reflektan Rrs_667/Rrs_443 citra Modis.

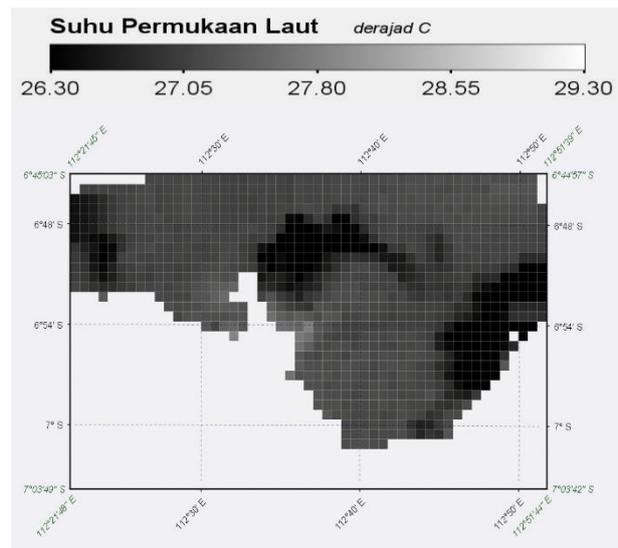
No	Algoritma	Model matematis	R ²
1	Linier	$y = -15,776x + 28,557$	0,6892
2	Eksponen	$y = 28,57e^{-0,581x}$	0,7028
3	Logaritmik	$y = -1,369\ln(x) + 23,389$	0,798
4	Polinom 2	$y = 273,79x^2 - 71,41x + 30,135$	0,8144
5	Polinom 3	$y = -3100,1x^3 + 1248,6x^2 - 157,48x + 32,009$	0,8734
6	Power	$y = 23,631x^{-0,05}$	0,8092

Tabel 7 memperlihatkan hasil dari bentuk rasio perbandingan algoritma Rrs_667/Rrs_443, dimana hasil yang diperlihatkan untuk masing-

masing nilai korelasinya tidak terlalu banyak berbeda secara signifikan dengan algoritma untuk 1 kanal yang ada. Sedangkan **Tabel 8** memperlihatkan hasil dari perbandingan algoritma Rrs_667/Rrs_531, dimana dari pengamatan nilai korelasi R yang ada tidak terlalu menunjukkan hasil yang signifikan dibandingkan dengan Rasio antar panjang gelombang 667 dan panjang gelombang 443, hal ini menunjukkan bahwa kanal merah dan kanal biru masih memiliki keterikatan terhadap korelasi nilai SPL dibandingkan dengan rasio kanal hijau. Untuk hasil yang optimal dipakai sebagai kanal dari model matematis yang diperlihatkan pada **Gambar 8**.



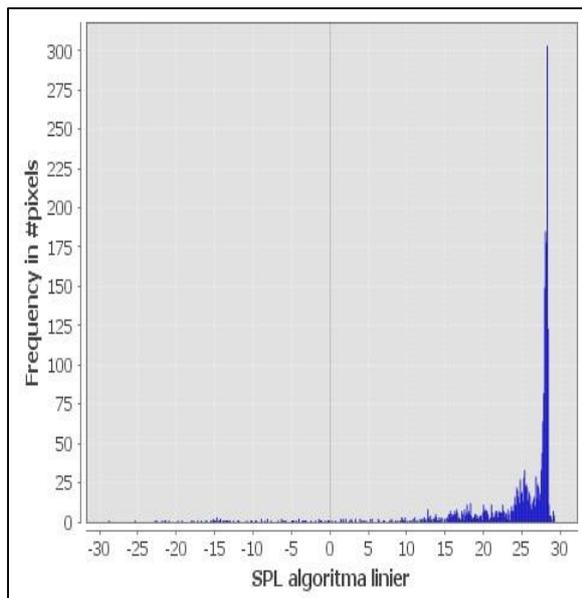
Gambar 7. Peta sebaran nilai SPL citra Modis pada panjang gelombang 667 nm, dengan algoritma power.



Gambar 8. Peta sebaran nilai SPL pada panjang gelombang 667 nm, dengan algoritma polinomial kubik.

Tabel 8. Algoritma untuk rasio reflektan Rrs_667/Rrs_531 citra Modis

No	Algoritma	Model matematis	R2
1	Linier	$y = -18,227x + 29,109$	0,4352
2	Eksponen	$y = 29,16e^{-0,672x}$	0,4457
3	Logaritmik	$y = -1,713\ln(x) + 23,203$	0,376
4	Polinom 2	$y = -2,5017x^2 - 17,646x + 29,082$	0,4352
5	Polinom 3	$y = 13661x^3 - 4427,7x^2 + 402,97x + 17,003$	0,747
6	Power	$y = 23,449x^{-0,063}$	0,3856



Gambar 9. Tampilan histogram citra satelit aqua modis untuk algoritma linier.

Sebaran nilai SPL dari citra satelit untuk daerah pesisir Ujung Pangkah Gresik secara keseluruhan diperlihatkan pada **Gambar 9**, dimana suhu permukaan laut terakumulasi pada batas 25 hingga 30°C. Hal ini menunjukkan bahwa perairan di pesisir pantai Gresik memiliki suhu rata-rata 25 hingga 30°C. Nilai sebaran suhu ini memiliki ciri yang sama dengan penelitian yang dilakukan pada perairan Sumatra Barat bulan Januari-Maret 2017 (Muslim, Usman & Yani, 2017). Sebaran nilai SPL yang diperlihatkan pada **Gambar 6** untuk algoritma linier apabila dibentuk dalam tampilan histogram akan terlihat seperti pada **Gambar 9**, dimana pada gambar tersebut terlihat bahwa nilai– nilai SPL terkonsentrasi pada interval 25° hingga 30° Celsius, hal ini mengandung arti bahwa sebaran nilai SPL pada daerah pesisir ujung pangkah Gresik didominasi oleh suhu 25° hingga 30° Celcius.

KESIMPULAN

Pemetaan sebaran Suhu Permukaan laut dapat dilakukan dengan perhitungan model matematika

kanal yang ada pada citra Modis level 2 yaitu pada panjang gelombang 443 nm, 531 nm 667 nm, dan hasil yang didapatkan untuk model matematis yang paling optimum adalah pada panjang gelombang 667 nm dengan model persamaan $y = -4E+09x^3 + 1E+07x^2 - 14356x + 30,934$ yang menghasilkan nilai korelasi R = 0,901. Untuk rasio perbandingan 2 kanal dapat dilakukan tetapi untuk kondisi pada penelitian ini diperoleh nilai yang cukup bagus hanya tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dengan pengolahan model matematika untuk 1 kanal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas pemberian beasiswa program doktor, dimana sebagian dana tersebut penulis pergunakan untuk penelitian ini, juga kepada rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil UPN Veteran Jawa Timur yang sudah banyak membantu sebagai tenaga surveyor lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Abrams, M. (2000). The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER): Data Products for the High Spatial Resolution Imager on NASA's Terra Platform. *International Journal of Remote Sensing*, 21, 841–859.

Cavalli, R. M. (2017). Retrieval of Sea Surface Temperature from MODIS Data in Coastal Waters. *Sustainability*, 9, 20–32.

Chen, Y., Duan, S.-B., Ren, H., Labed, J., & Li, Z.-L. (2017). Algorithm Development for Land Surface Temperature Retrieval: Application to Chinese Gaofen-5 Data. *Remote Sensing*, 9(2), 161. <https://doi.org/10.3390/rs9020161>

Dahuri, R., Rais J., Ginting S.P., Sitepu, M. J. (1996). *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Ha, N. T. T., Koike, K., & Nhuan, M. T. (2013). Improved accuracy of chlorophyll-a concentration estimates from MODIS Imagery using a two-band ratio algorithm and geostatistics: As applied to the monitoring of eutrophication processes over Tien Yen Bay (Northern Vietnam). *Remote Sensing*, 5(1), 421–442. <https://doi.org/10.3390/rs6010421>

He, D., Zhong, Y., Feng, R., & Zhang, L. (2016). Spatial-temporal sub-pixel mapping based on swarm intelligence theory. *Remote Sensing*, 8(11), 1–30. <https://doi.org/10.3390/rs8110894>

Hosoda, K., Murakami, H., Sakaida, F., & Kawamura, H. (2007). Algorithm and validation of sea surface temperature observation using MODIS sensors aboard terra and aqua in the western North Pacific. *Journal of Oceanography*, 63(2), 267–280. <https://doi.org/10.1007/s10872-007-0027-4>

Jaelani, L.M., Sukojo, B.M., Hendra, P. B. (2011). Modifikasi Algoritma AVHRR untuk Estimasi Suhu Permukaan Laut (SPL) Citra Aqua Modis. *Teknik Geomatika,ITS*.

- Koner, P. K., & Harris, A. (2016a). Improved quality of MODIS sea surface temperature retrieval and data coverage using physical deterministic methods. *Remote Sensing*, 8(6). <https://doi.org/10.3390/rs8060454>
- Koner, P. K., & Harris, A. (2016b). Sea surface temperature retrieval from MODIS radiances using truncated total least squares with multiple channels and parameters. *Remote Sensing*, 8(9). <https://doi.org/10.3390/rs8090725>
- Kusuma a. (2008). *Analisa Suhu Permukaan Laut Pada Sensir Satelit NOAA/AVHRR dan EOS AQUA/TERRA MODIS*. Universitas Indonesia.
- Liang, Q., Zhang, Y., Ma, R., Loisel, S., Li, J., & Hu, M. (2017). A MODIS-based novel method to distinguish surface cyanobacterial scums and aquatic macrophytes in Lake Taihu. *Remote Sensing*, 9(2), 1–25. <https://doi.org/10.3390/rs9020133>
- Lillesand, T. M. (2000). *Remote sensing and image interpretation* (4th ed.). New York; Chichester: Wiley, c2000.
- Muslim, Usman, & Yani, A. H. (2017). Variabilitas Spasial Dan Temporal Suhu Permukaan Laut Dan Konsentrasi Klorofil-A Menggunakan Citra Satelit Aqua MODIS Di Perairan Sumatera Barat Variability Spatial And Temporal Sea Surface Temperature And Chlorophyll-A Concentration Using Aqua MODIS Image. Retrieved from <https://media.neliti.com/media/publications/185735-ID-none.pdf>
- Pareeth, S., Delucchi, L., Metz, M., Rocchini, D., Devasthale, A., Raspaud, M., ... Neteler, M. (2016). New Automated Method to Develop Geometrically Corrected Time Series of Brightness Temperatures from Historical AVHRR LAC Data, 1–28. <https://doi.org/10.3390/rs8030169>
- Rahman, M. (2018). Adaptive Queue Prediction Algorithm for an Edge-Centric Cyber – Physical System Platform in a Connected Vehicle Environment Paper number : 18-06586, 1–7.
- Tsai, H. P., Lin, Y. H., & Yang, M. Der. (2016). Exploring long term spatial vegetation trends in Taiwan from AVHRR NDVI3g dataset using RDA and HCA analyses. *Remote Sensing*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/rs8040290>
- Zhang, Y., Giardino, C., & Li, L. (2017). Water optics and water colour remote sensing. *Remote Sensing*, 9(8), 1–5. <https://doi.org/10.3390/rs9080818>