

STUDI PERUBAHAN SUHU PERMUKAAN LAUT MENGGUNAKAN CITRA SATELIT TERRA MODIS

Novi Ika Harliyanti, Bangun Muljo Sukojo, Lalu Muhamad Jaelani

Program Studi Teknik Geomatika, FTSP, ITS, Surabaya, 60111, Indonesia
Email : noviharliyanti@gmail.com

Abstrak

Sea Surface Temperature (SST) is an important parameter used to determine the quality of water. Many factors could affect the up tide or low tide of SST in a waters. That factors could be observed by comparing the SST in a waters for certain period. Madura Strait which is the estuary for large and small rivers have a SST that changes every season. The pattern of SST changes can be observed by using multi-temporal image.

In this study used Terra / MODIS satellite images with 1 km of spatial resolution, so as to provide information on the distribution pattern of SPL in the Madura Strait region. The value of SST obtained from image processing by Brown and Minnet(1999) algorithm. To obtain the temperature value is used bands of 20, 31, and 32 which must be converted into brightness temperature. To get this SST pattern used in image data of Terra / MODIS for six years, from 2005 until 2010.

The SST pattern results are the monthly and annual patterns. The results of data processing in the month that same with the month of groundtruth showed that $R^2 = 71.91\%$. It means that imagery data could showed groundtruth data about 71.91%. Results of data processing for six years showed that the monthly pattern, the highest SST occurred in October, which the results of image processing is 33.87°C . The annual pattern shows that each year varies. The factors that cause SST changes are sunlight intensity, rainfall, and wind.

Keywords: Sea Surface Temperature (SST), Madura Strait, Satellite Imagery TERRA MODIS

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki potensi melimpah di bidang kelautan. Hal ini didukung dengan wilayah perairan laut yang lebih luas daripada wilayah daratan, yaitu sekitar 5,8 juta km^2 atau mendekati 70% dari luas keseluruhan negara Indonesia.

Sea Surface Temperatur (SST) atau Suhu Permukaan Laut (SPL) adalah salah satu parameter penting yang dapat digunakan untuk menentukan kualitas suatu perairan. Data SPL dapat dimanfaatkan bukan saja untuk mempelajari gejala-gejala fisika di dalam laut, tetapi juga dalam kaitannya dengan kehidupan hewan atau tumbuhan. Bahkan dapat juga dimanfaatkan untuk pengkajian meteorologi (Nontji, 1987).

Begitu juga dengan SPL di perairan Selat Madura yang dipengaruhi faktor tersebut akan mengalami perubahan tiap musim dan tahunnya. Oleh karena itu diperlukan suatu penelitian untuk memonitoring perubahan SPL di Selat Madura, dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh, yaitu dengan data citra satelit *Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS).

Adapun permasalahan yang dibahas pada penelitian ini dibatasi pada wilayah penelitian adalah daerah sekitar perairan Selat Madura dan Selat Bali, penelitian yang dilakukan adalah dengan membandingkan SPL hasil dari pengambilan sampel di lapangan di Selat Madura dengan SPL hasil dari pengolahan citra menggunakan algoritma Brown Minnet (1999) di bulan yang sesuai dengan pengambilan sampel tersebut serta hasil penelitian adalah peta sebaran SPL wilayah perairan Selat Madura.

Tujuan penulisan penelitian ini adalah untuk melakukan analisis pola perubahan suhu di perairan Selat Madura dari data citra TERRA MODIS dan memetakan SPL di Selat Madura selama enam tahun.

METODOLOGI PENELITIAN

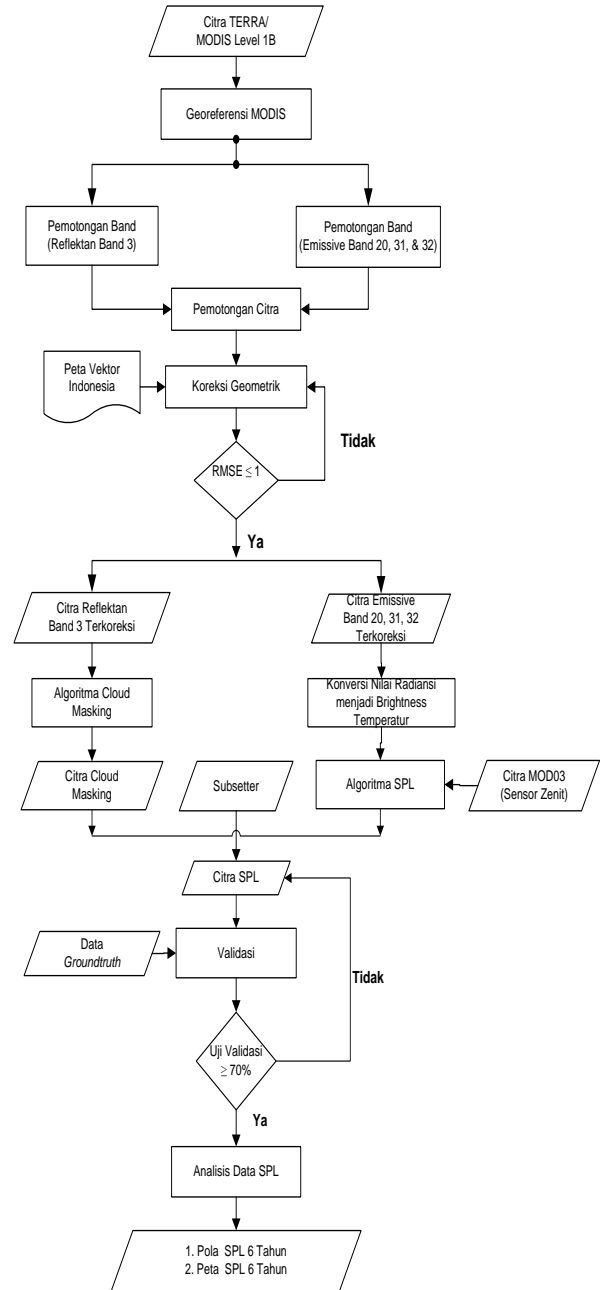


Gambar 1. Lokasi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Citra satelit TERRA MODIS level IB resolusi 1 km selama enam tahun. Setiap tahunnya terdapat empat data citra yang diambil, yaitu citra bulan Januari, April, Juli dan Oktober, Citra Geolokasi TERRA MODIS MOD03, data ini digunakan untuk penentuan sudut zenith sensor yang dibutuhkan saat pengolahan algoritma SPL, Peta digital Indonesia skala 1:1000000 dari Bakosurtanal yang digunakan sebagai acuan koreksi geometrik dan Data lapangan diambil secara *in-situ* di beberapa titik lokasi penelitian. Data yang dikumpulkan di titik yang sama berupa sampel SPL dan titik koordinat pengambilan sampel.

Sedangkan peralatan yang dibutuhkan adalah *Software* yang digunakan untuk pengolahan citra adalah *Environment for Visualizing Images (ENVI) 4.6.1* serta *ArcGIS 9.3* untuk pembuatan *layout* peta, sedangkan Peralatan yang digunakan untuk pengukuran SPL di lapangan adalah *Water Checker TROLL 9500 Multi Parameter Series S/N 47916* serta *GPS navigasi* untuk cek koordinat di lapangan.

Tahapan pengolahan data citra yang dilakukan pada penelitian ini digambarkan pada diagram alir di bawah ini.



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Data

Persamaan untuk algoritma *Cloud Masking* adalah:

$$Cloud\ Masking = (B3\ GE\ 0.2) * 0 + (B3\ LT\ 0.2) * 1 \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- B3 : band 3
- GE : Greater Equal
- LT : Less Than

Persamaan untuk konversi nilai radiansi menjadi *Brightness Temperatur* adalah:

$$T_b = \frac{C_2}{\lambda \ln \left[1 + \frac{C_1}{\lambda^5 I_\lambda} \right]} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- T_b : Suhu kecerahan air (°K)
- C₁ :Konstanta radiasi yang bernilai 1.1911x10⁸ W m⁻² sr-1 μm⁴
- C₂ :konstanta radiasi yang bernilai 1.4388x10⁴ K μm
- λ :panjang gelombang pusat masing-masing band (*central wavelenght*)

Persamaan untuk algoritma SPL Brown and Minnet 1999 adalah:

$$SST Modis = C_1 + C_2 * T_{31} + C_3 * T_{3132} * T_b + C_4 * (sec(\theta) - 1) * T_{3132} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

T_b : Band 20

Tabel 1. Koefisien *Brightness Temperatur* Band 31 dan 32 (ATBD Minnet, 1999)

Koefisien	ΔT ≤ 0,7 K	ΔT > 0,7 K
C ₁	1,228552	1,69521
C ₂	0,9576555	0,9558419
C ₃	1,1182196	0,0873754
C ₄	1,774631	1,199584

HASIL

Georeferensi Citra

Proses ini dilakukan untuk memberikan bentuk dan posisi sebenarnya dari citra. Pada tahap ini dilakukan beberapa proses, yaitu proyeksi peta dan koreksi duplikasi baris (*Bow-tie Correction*).

Pemotongan / *Subsetting*

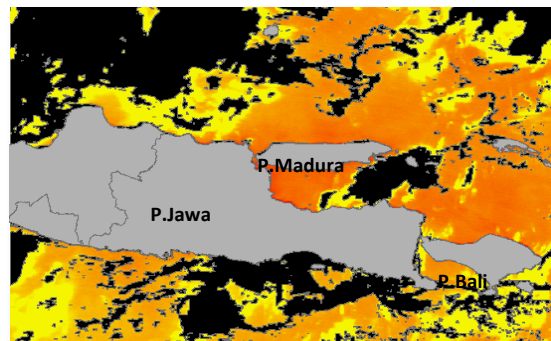
Terdapat dua jenis pemotongan atau *subsetting*, yaitu Pemotongan Band / *Spectral Subsetting*. Tahap ini band yang diambil adalah band 3 untuk file *reflektan*, sedangkan untuk file *emissive* diambil band 20, 31, dan 32. Dan pemotongan Citra / *Spatial Subsetting*. Dilakukan untuk membatasi daerah yang akan diolah agar lebih fokus terhadap daerah yang diteliti, yaitu wilayah Selat Madura. Dari ukuran asli citra dilakukan pemotongan menjadi 640x480 piksel.

Koreksi Geometrik

Titik *Ground Control Point* (GCP) yang digunakan sebanyak 8 titik. untuk masing-masing citra, dengan RMSE masing-masing citra telah memenuhi yaitu sebesar ≤ 1.

Pengolahan Citra Menggunakan Algoritma SPL

Algoritma SPL MODIS digunakan untuk menentukan nilai dari SPL di wilayah tersebut. Nilai dari konversi radiansi band 20, 31, dan 32 yang telah menjadi *brightness temperature* menjadi inputan pada algoritma SPL MODIS. Citra yang dihasilkan dari algoritma ini harus dikalikan dengan *subsetter* dan *cloud masking* terlebih dahulu, sebelum akhirnya dibuat *layout* peta.



Gambar 3 Citra Hasil Pengolahan SPL MODIS

Cek Lapangan

Cek lapangan atau *Groundtruth* dilaksanakan pada 18 Oktober 2010 di perairan Selat Madura. Adapun data yang diambil salah satunya adalah data suhu permukaan laut pada lokasi-lokasi tertentu. Hasil temperatur yang diukur langsung di lapangan pada waktu itu adalah sebagai berikut :

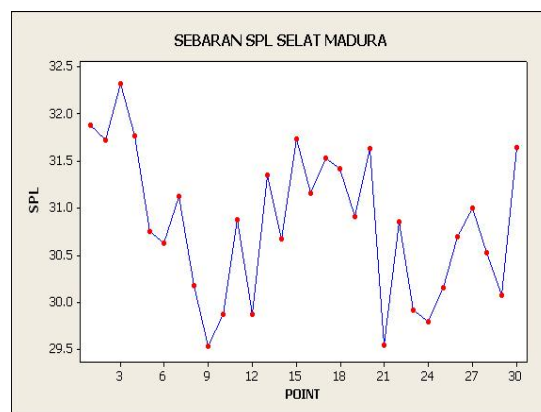
Tabel 2. Data Hasil *Groundtruth*

No	Posisi Titik		Suhu (°C)
	Lintang	Bujur	
1	7 ° 12,02	112° 46,633	31,88
	7 ° 12,146	112° 46,643	31,72
	7° 12,103	112° 46,638	32,32
2	7 ° 11,961	112° 46,728	31,77
	7 ° 11,932	112° 46,733	30,75
	7 °11,912	112° 46,732	30,63
3	7 °11,691	112° 46,764	31,12
	7 °11,690	112° 46,767	30,17
	7 °11,690	112° 46,769	29,53

No	Posisi Titik		Suhu (°C)
	Lintang	Bujur	
4	7 °11,406	112° 46,746	29,87
	7 °11,386	112° 46,728	30,87
	7 °11,364	112° 46,690	29,87
5	7 °11,120	112° 46,690	31,35
	7 °11,107	112° 46,690	30,67
	7 °11,093	112° 46,690	31,73
	7 °10,852	112° 46,695	31,16
6	7 °10,845	112° 46,671	31,53
	7 °10,837	112° 46,631	31,42
	7 °10,584	112° 46,749	30,91
7	7 °10,575	112° 46,732	31,63
	7 °10,560	112° 46,677	29,54
	7 °10,313	112° 46,707	30,85
	7 °10,307	112° 46,683	29,91
8	7 °10,295	112° 46,645	29,79
	7 °10,042	112° 46,707	30,15
	7 °10,038	112° 46,683	30,69
9	7 °10,38	112° 46,662	31
	7 °9,765	112° 46,715	30,52
	7 °9,763	112° 46,710	30,07
10	7 °9,762	112° 46,697	31,64

Hasil dari pengukuran SPL pada tabel di atas menunjukkan bahwa:

- Rata-rata SPL di perairan Selat Madura berkisar antara 29-31°C pada tanggal 18 Oktober 2010.
- Suhu tertinggi dari pengambilan sampel di atas adalah 32,32°C dan suhu terendah adalah 29,53°C.
- Pada grafik SPL gambar 4 di bawah ini, ditunjukkan bahwa SPL yang berada di daerah sekitar pantai cenderung lebih tinggi daripada daerah tengah lautan. Hal ini dikarenakan suhu yang terdapat di daerah sekitar garis pantai masih terpengaruh suhu daratan. SPL di daerah *estuary* lebih bervariasi daripada suhu permukaan di laut lepas, karena biasanya volume air di estuari lebih kecil dengan luas permukaan yang lebih besar. Dengan demikian pada kondisi atmosfer yang ada, air estuari lebih cepat panas dan lebih cepat dingin (Nybakken, 1992).



Gambar 4. Fluktuasi SPL di Titik-titik *Groundtruth*

Analisis Perbandingan SPL Hasil *Groundtruth* dengan SPL Citra

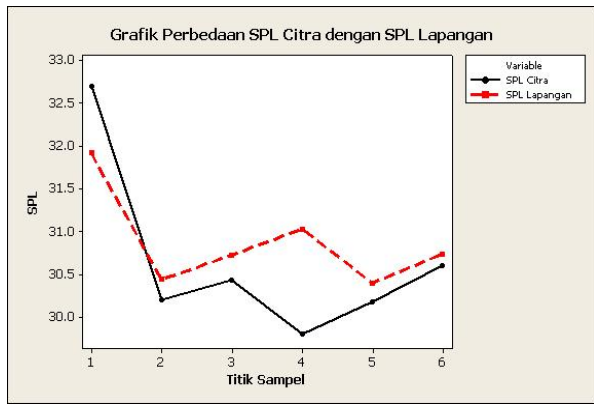
Pada analisis ini dilakukan perataan data *groundtruth*, karena terdapat 3-5 koordinat yang terletak pada piksel yang sama pada citra. Untuk nilai SPL pada 1 piksel di citra juga memiliki 1 data SPL, sehingga untuk beberapa nilai SPL hasil *groundtruth* yang terletak pada piksel yang sama dilakukan perhitungan rata-rata SPL. Hal ini karena tidak terdapat data yang merupakan *outlier* atau data pencilan. Nilai tengah / rata-rata adalah ukuran lokasi yang paling umum digunakan dalam statistika (Walpole, R.E., 1995). Ukuran ini mudah dihitung dan memanfaatkan semua informasi yang dimiliki (Walpole, R.E., 1995).

Tabel 3. Pengelompokkan SPL di Lapangan Berdasarkan Piksel Citra

No. Titik <i>Groundtruth</i>	SPL Lapangan (°C)	No. Piksel	SPL Citra (°C)
1	31,92	1	32,70
2-3	30,44	2	30,20
4-5	30,73	3	30,44
6-7	31,03	4	29,81
8-9	30,40	5	30,18
10	30,74	6	30,60
Rata-rata	30,88		30,53

Terdapat interval suhu antara 29-31°C untuk SPL di lapangan, sedangkan untuk SPL citra interval suhu berkisar antara 29-32°C. Dapat dilihat bahwa dari kedua data di atas terdapat selisih sebesar 0,35°C dimana SPL hasil pengolahan dari citra menunjukkan suhu yang lebih rendah daripada suhu di lapangan. Namun secara umum pola fluktuasi antar titik di citra dan di lapangan

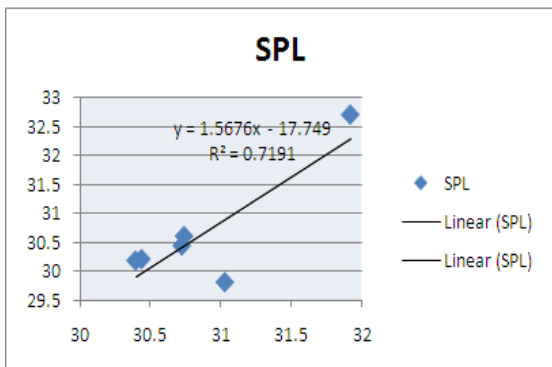
hampir sama. Gambar 5 grafik dibawah ini menunjukkan bahwa pada kedua data, SPL pada titik pertama adalah yang tertinggi. Hal ini diakibatkan posisi titik pertama yang berada disekitar garis pantai, sehingga SPL masih dipengaruhi oleh suhu daratan.



Gambar 5 Grafik Perbedaan SPL Pada Citra dengan SPL di lapangan

Uji Validasi

Pada uji validasi ini dilakukan dengan membandingkan data hasil suhu *groundtruth* dengan suhu hasil pengolahan citra. Pada uji validasi ini dihasilkan nilai $R^2=0,7191$ yang divisualisasikan pada Gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6 Diagram Pencar Perbandingan SPL Citra dengan SPL Lapangan

Model matematis yang dapat menjelaskan perbandingan kedua data ini adalah persamaan $y = 1,5676x - 1,749$. Nilai $R^2 = 71,91\%$ menunjukkan hubungan yang positif antara data citra dengan data lapangan. Dari nilai R ini menjelaskan bahwa variabilitas dari data citra untuk dapat menggambarkan data di lapangan adalah sebesar 71,91%. Nilai R^2 yang mendekati satu atau 100% menunjukkan hubungan yang positif, sebaliknya

jika R^2 mendekati nol maka memiliki hubungan jelek. Dari hubungan ini dijelaskan bahwa sebagian besar SPL di lapangan dapat dijelaskan oleh citra, sedangkan sisanya sebesar 28,09% adalah faktor-faktor lain yang tidak diamati oleh citra.

Analisis Hasil Algoritma

Dari hasil pengolahan yang ditunjukkan tabel 4 didapatkan bahwa suhu di Selat Madura yang tertinggi adalah pada bulan Oktober 2006. Pada bulan tersebut SPL hasil algoritma adalah 43,96°C, dimana titik tersebut berada di sekitar garis pantai. Menurut BMG Tanjung Perak Surabaya, SPL di Indonesia berkisar antara 28-30°C. Jika dilihat dari waktu atau musimnya, pada saat itu lumpur panas Sidoarjo telah dialirkan langsung ke kali Porong. Pada saat itu, lumpur tepat dialirkan ke kali Porong dimulai pada 27 September 2006.

Namun jika dikorelasikan dengan fenomena lumpur Sidoarjo, Nilai suhu hasil algoritma di titik ini terlalu tinggi atau terjadi anomaly suhu. Hal ini dikarenakan nilai SPL di perairan Indonesia hanya berkisar antara 28-30°C. Anomali suhu hasil algoritma ini dapat disebabkan oleh koefisien yang digunakan dalam algoritma SPL. Dalam pemakaian algoritma SPL, tidak semua perairan di Indonesia ini cocok dengan koefisien yang digunakan.

Tabel 4. SPL Citra Terra/MODIS

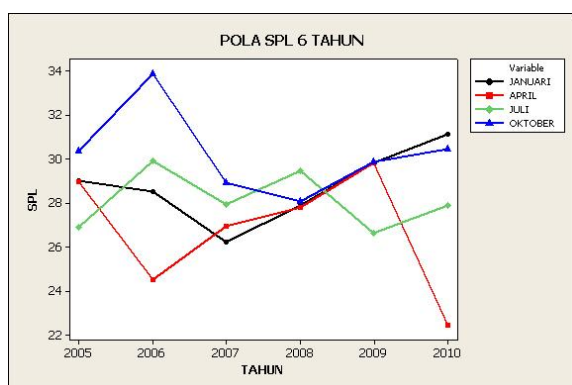
Tanggal Citra	Nomor Pikel					
	1	2	3	4	5	6
10/01/2005	28,77	28,41	29,01	30,21	31,06	32,31
15/04/2005	31,89	29,91	28,99	28,94	28,83	29,87
2/07/2005	27,61	27,52	26,91	27,08	27,67	29,05
6/10/2005	37,30	33,20	30,37	29,81	31,04	32,31
13/01/2006	33,52	30,22	28,50	27,80	27,97	28,33
28/04/2006	32,97	27,94	24,52	23,00	20,57	20,36
26/07/2006	38,13	34,83	29,90	26,79	27,59	29,21
14/10/2006	43,96	38,16	33,87	29,74	32,63	41,96
18/01/2007	31,98	28,87	26,24	24,91	25,36	25,38
1/04/2007	30,63	27,93	26,95	25,75	25,88	27,12
4/07/2007	30,53	29,07	27,96	27,79	27,93	27,90
1/10/2007	38,37	30,87	28,91	29,54	35,49	39,65
12/01/2008	30,92	29,03	27,88	27,61	27,83	28,60
10/04/2008	28,01	27,96	27,81	27,95	27,58	27,13

Tanggal Citra	Nomor Pikel					
	1	2	3	4	5	6
6/07/2008	36,06	32,57	29,46	28,01	28,24	31,03
5/10/2008	36,85	30,52	28,07	27,89	28,91	36,66
3/01/2009	34,05	N/A	29,85	29,14	28,84	29,84
29/04/2009	32,35	30,62	29,85	30,03	30,20	30,99
2/07/2009	31,61	28,05	26,61	26,96	27,71	29,77
17/10/2009	32,93	29,91	29,90	29,83	30,05	32,57
3/01/2010	N/A	31,68	31,15	29,19	29,32	32,99
12/04/2010	23,42	24,41	22,47	21,47	21,13	19,75
21/07/2010	31,48	28,37	27,91	28,43	29,33	30,69
20/10/2010	32,70	30,20	30,44	29,81	30,18	30,60

Pada tabel diatas terdapat nilai yang terekam oleh citra / *Not Available (N/A) Value*, yaitu pada bulan Januari 2009 dan Januari 2010. Hal ini dikarenakan citra pada bulan tersebut banyak diliputi awan karena tingginya curah hujan di bulan Januari. Walaupun telah dilakukan seleksi citra, namun pengaruh awan yang terdapat di lautan belum dapat dihilangkan. Pada posisi pixel tersebut terdeteksi oleh awan, sehingga saat proses *cloud masking*, posisi tersebut menjadi *N/A*.

Analisis Pola SPL Bulanan

Pola bulanan didapatkan dengan membandingkan SPL satu bulan selama 6 tahun. Dari SPL hasil pengolahan citra didapatkan pola SPL seperti pada grafik pada gambar 7 berikut ini.



Gambar 8 Pola Bulanan SPL Selama 6 Tahun

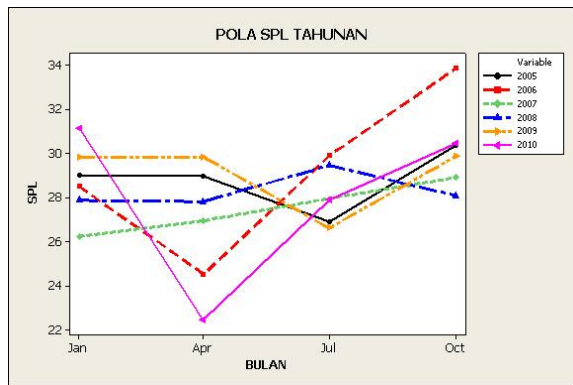
Dari semua citra satelit MODIS pada bulan Januari, umumnya terdapat banyak tutupan awan. Karena itu, pada bulan Januari umumnya SPL lebih rendah jika dibandingkan bulan Oktober. Dari pengamatan BMKG Maritim Tanjung Perak Surabaya curah hujan yang turun pada bulan Januari relatif tinggi tiap tahunnya, biasanya melebihi 150 mm.

Pola SPL yang paling fluktuatif terjadi pada bulan April, dimana interval suhunya relatif rendah, yaitu antara 22-29.. Biasanya bulan April merupakan musim peralihan atau pancaroba awal tahun dimana pada bulan ini terjadi peralihan dari iklim penghujan ke musim kemarau. Namun sepanjang tahun 2010, terjadi perubahan cuaca yang tidak menentu. Menurut pengamatan BMG Maritim Tanjung Perak Surabaya, sepanjang tahun 2010 jumlah curah hujan lebih tinggi dibandingkan tahun-tahun sebelumnya, yaitu sebesar 2190,2 mm. Tingginya curah hujan pada April 2010 ini mengakibatkan adanya tutupan awan yang tebal di daerah penelitian, sehingga SPL yang dihasilkan oleh citra tidak akurat.

SPL pada bulan Juli menunjukkan pola naik-turun yang teratur selama enam tahun. Bulan Juli untuk sebagian besar wilayah Indonesia telah memasuki musim kemarau.

Bulan Oktober menunjukkan fluktuasi SPL selama enam tahun yang signifikan. Kenaikan dan suhu tertinggi tertinggi terjadi pada bulan Oktober 2006. Dari grafik pola SPL bulanan tersebut menunjukkan bahwa biasanya dalam satu tahun suhu tertinggi terjadi bulan Oktober. Kecuali untuk grafik pola SPL tahun 2008 dimana SPL pada bulan Oktober mengalami penurunan. Pada saat musim pancaroba, angin biasanya lemah dan permukaan laut akan tenang sehingga proses pemanasan di permukaan terjadi sangat kuat. Akibatnya pada musim pancaroba suhu lapisan permukaan mencapai maksimum (Nontji, 2002).

Analisis Pola SPL Tahunan

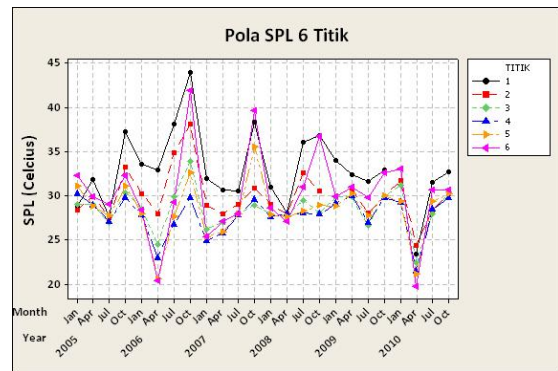


Gambar 9 Pola Tahunan SPL Selama 6 Tahun

Hasil dari pola SPL tahunan sangat bervariasi. Hal ini dapat dilihat dari fluktuatifnya grafik SPL selama enam tahun. Dari gambar diatas diketahui bahwa pola pada tahun 2005 hampir mirip dengan pola pada 2009. Dimana pada kedua tahun ini, suhu tertinggi terjadi pada Oktober, dan suhu terendah pada Juli. Tahun 2007 dan 2008 memiliki pola yang berbeda dengan pola-pola lainnya. Grafik pada tahun 2007 cenderung naik, artinya SPL mengalami kenaikan sepanjang tahun. Pada tahun 2006 dan 2010 pola SPL yang ditunjukkan sama, yaitu mengalami penurunan SPL di bulan April selanjutnya mengalami kenaikan. Pola pada dua tahun ini adalah yang paling fluktuatif di banding dengan pola tahunan lainnya. Interval suhu selama satu tahun pada tahun 2006 berkisar antara 24-33°C, sedangkan selama tahun 2010 dari hasil algoritma menunjukkan suhu berkisar antara 22-31°C. Keduanya memiliki interval sebesar 9°C, angka ini terlalu besar untuk perbedaan suhu selama satu tahun, karena pada kondisi normalnya suhu perairan di Indonesia adalah 28-30°C. Curah hujan yang turun sepanjang tahun 2010 lebih tinggi jika dibandingkan data curah hujan tahun-tahun sebelumnya, yakni sebesar 2190,2 mm. Kondisi inilah yang mengakibatkan fluktuatifnya pola tahunan SPL pada tahun 2010.

Analisis Pola SPL dari 24 Titik

SPL yang ditunjukkan oleh gambar tersebut memperlihatkan bervariasinya suhu yang dihasilkan dari pengolahan algoritma MODIS. Meskipun data yang terekam pada citra memiliki temporal yang sama, namun hal ini belum menjamin kesamaan suhu atau pola masing-masing titik. Tutupan awan juga berpengaruh terhadap nilai SPL, karena dapat mempengaruhi ada tidaknya data nilai di masing-masing titik.



Gambar 10. Pola dari seluruh titik selama 6 tahun

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian SPL menggunakan satelit TERRA MODIS dapat disimpulkan beberapa hal berikut ini :Perbandingan antara data SPL hasil pengolahan citra dengan hasil *groundtruth* menghasilkan $R^2= 71,91\%$. Hal ini menunjukkan hubungan yang positif antara data citra dengan data *groundtruth*.

Pola tahunan SPL yang relatif tinggi selama enam tahun terjadi pada tahun 2006. Pola SPL pada musim penghujan umumnya lebih rendah daripada musim kemarau, hal ini dimungkinkan karena banyaknya curah hujan yang turun pada musim penghujan sehingga menurunkan nilai SPL. Pola bulanan yang paling fluktuatif ditunjukkan oleh bulan April (pancaroba awal tahun) dan Oktober (pancaroba akhir tahun. Umumnya SPL yang terletak disekitar garis pantai lebih tinggi dibandingkan titik lainnya. Faktor yang dimungkinkan mempengaruhi SPL di Selat Madura antara lain musim, intensitas cahaya matahari, curah hujan, dan angin..

DAFTAR PUSTAKA

- Handani, L. 2008. *Studi Perbandingan Suhu Permukaan Laut dari Data Citra MODIS dengan Data Argo Float di Selatan Jawa-Bali*. Surabaya : Penelitian Program Studi Geomatika, ITS.
- Brown, O.B dan P.J, Minnet. 1999. *Modis Infrared Sea Surface Temperature Algorithm, Algorithm Teoritical Basis Document (ATBD) 25 Version 2.0*. University of Miami.
- LAPAN. 2010. *Perubahan Iklim Indonesia*. < <http://iklim.dirgantara-lapan.or.id/> >. Dikunjungi pada tanggal 29 Maret 2011, Jam 11.00 WIB.
- Nontji, A. (edisi revisi cetakan kelima) 2007. *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan.
- Nybakken, J.W. 1992. *Biologi Laut : Suatu Pendekatan Ekologis*. Jakarta: P.T. Gramedia Pustaka Utama.
- Purba, M. dan A. S. Atmadipoera. 2005. *Variabilitas Anomali Tinggi Paras Laut(TPL) dan Arus Geostropik Permukaan antara L. Sulawesi, S. Makassar dan S. Lombok dari Data Altimeter TOPEX/ERS2*. Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia.
- Purwadhi, S.H. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta: Grasindo.
- Ramdhani, Meirita. 2009. *Analisis Sebaran Konsentrasi Klorofil-a dengan Menggunakan Citra MODIS di Perairan Teluk Jakarta Tahun 2004*. Bandung : Program Studi Oseanografi, Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, ITB.
- Walpole, E.R. 1995. *Pengantar Statistika*. Jakarta : P.T. Gramedia Pustaka Utama.