

**PEMANFAATAN BAND *THERMAL INFRARED* (TIR)
CITRA ASTER UNTUK PEMETAAN SUHU PERMUKAAN LAUT
DI PERAIRAN SELAT MADURA**

Santoso¹, Bangun Muljo Sukojo¹, LM. Jaelani¹, dan Antonius B. Wijanarto²

¹Program Studi Teknik Geodesi, FTSP, ITS, Surabaya, 60111, Indonesia

²Balai Penelitian Geomatika BAKOSURTANAL, Jalan Raya Bogor km 46 Cibinong 16911, Indonesia

Santos_itscuk@yahoo.com

Abstrak

Suhu Permukaan Laut (SPL) merupakan faktor penting dalam oseanografi, saat ini telah banyak satelit yang dilengkapi sensor inframerah termal untuk mengukur SPL. ASTER (Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection Radiometer) merupakan citra multi band sensor inframerah termal (TIR) pertama di dunia memiliki resolusi spasial 90x90 m dengan luas liputan 60 km. Dalam penelitian ini digunakan dua metode perhitungan SPL dari Citra ASTER yaitu algoritma Alley&Nilsen yang menggunakan perhitungan single band dan algoritma Kishino dengan menggunakan multi band, hasil kedua algoritma tersebut dibandingkan dengan pengukuran lapangan dan SPL dari Citra NOAA-AVHRR. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perhitungan dengan algoritma Kishino mempunyai kesesuaian yang paling baik dari pada algoritma Alley&Nilsen dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,6093 terhadap data lapangan dan 0,5592 terhadap data Citra NOAA-AVHRR.

Kata kunci : *Suhu Permukaan Laut, Band TIR ASTER, Algoritma Alley&Nilsen, Algoritma Kishino.*

PENDAHULUAN

Suhu Permukaan Laut (SPL) merupakan salah satu faktor abiotik yang memiliki pengaruh yang besar terhadap kehidupan dan pertumbuhan organisme perairan, dimana tiap-tiap organisme baik hewan maupun tumbuhan perairan memiliki karakteristik terhadap kondisi suhu yang sesuai untuk kelangsungan hidup. Perubahan terhadap suhu laut menyebabkan variasi terhadap kehidupan laut dan faktor oseanografi terkait.

Perkembangan teknologi penginderaan jauh sangat cepat, saat ini telah banyak satelit yang dilengkapi dengan sensor inframerah termal untuk mendeteksi SPL, baik satelit oseanografi maupun satelit sumber daya bumi. Pemanfaatan satelit sumber daya bumi seperti ASTER, dan Landsat yang memiliki resolusi sedang cenderung jarang digunakan untuk monitoring SPL harian, sebab satelit-satelit ini memiliki resolusi temporal yang jauh lebih

rendah dibandingkan satelit NOAA-AVHRR serta liputannya yang tidak begitu luas. Untuk keperluan monitoring SPL secara praktis dan global satelit NOAA-AVHRR lebih umum digunakan di Indonesia, namun satelit Terra-ASTER yang pada tahun 1999 baru diluncurkan serta memiliki lima jenis band inframerah termal yang bekerja pada panjang gelombang 8 – 12 μm dengan resolusi 90 x 90 meter perlu diuji dan menarik untuk dijadikan penelitian SPL pada daerah yang tidak begitu luas terutama pada kawasan pesisir pantai.

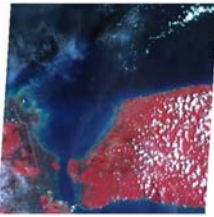
Perumusan Masalah

Bagaimana memperoleh informasi mengenai SPL di Selat Madura dari estimasi citra ASTER dengan menggunakan dan membandingkan dua metode perhitungan SPL, yaitu algoritma Alley & Nilsen dan algoritma Kishino? Sebagai pembanding digunakan citra resolusi rendah NOAA –AVHRR dengan

menggunakan algoritma Mc Milin & Crosby serta data *in-situ*.

Batasan Permasalahan

1. Citra band TIR ASTER resolusi spasial 90 m dan NOAA-AVHRR dengan resolusi 1,1 km.
2. Daerah penelitian secara geografis terletak pada $6^{\circ} 54' 59'' - 7^{\circ} 14' 59''$ LS dan $112^{\circ} 29' 58'' - 112^{\circ} 49' 58''$ BT.
3. Pengukuran sampel SPL di lapangan pada kedalaman sekitar 5 m.
4. Data *in-situ* tanggal 9 Desember 2007.
5. Data citra NOAA-AVHRR tanggal 3 September 2006 dan 10 Pebruari 2007 jam 10.30 WIB.
6. Dalam penelitian ini digunakan data dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau dengan batasan :
 - a. Citra ASTER yang digunakan untuk musim hujan dengan representatif wilayah :



Scene - 1

Musim Hujan
(10 Pebruari 2007)
Jam 10.04 WIB

- b. Citra ASTER yang digunakan untuk musim kemarau dengan representatif wilayah :



Scene - 2

Musim Kemarau
(3 September 2006)
Jam 09.53 WIB

Gambar 1 : Batasan Citra ASTER daerah penelitian

Tujuan

1. Memetakan SPL perairan Selat Madura menggunakan citra ASTER dengan algoritma Alley & Nilsen dan algoritma

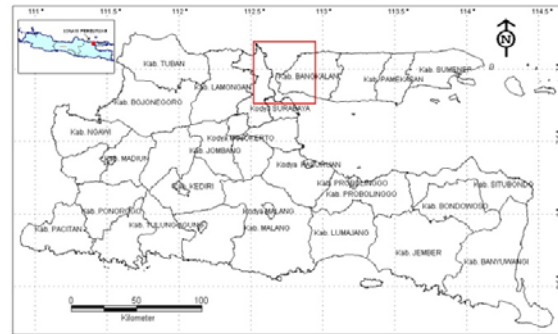
Kishino serta membandingkan hasil dari kedua algoritma tersebut.

2. Membandingkan hasil SPL Citra ASTER dari kedua algoritma dengan pengukuran *in-situ*.
3. Membandingkan hasil SPL Citra ASTER dari kedua algoritma dengan SPL Citra NOAA-AVHRR dengan algoritma McMilin&Crosby.
4. Analisa pola sebaran suhu perairan Selat Madura dari Citra ASTER.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Secara geografis daerah penelitian terletak pada $6^{\circ} 34' 46'' - 7^{\circ} 50' 22''$ LS dan $112^{\circ} 27' 58'' - 113^{\circ} 5' 34''$ BT (Gambar 2).



Gambar 2 : Peta petunjuk lokasi penelitian

Data

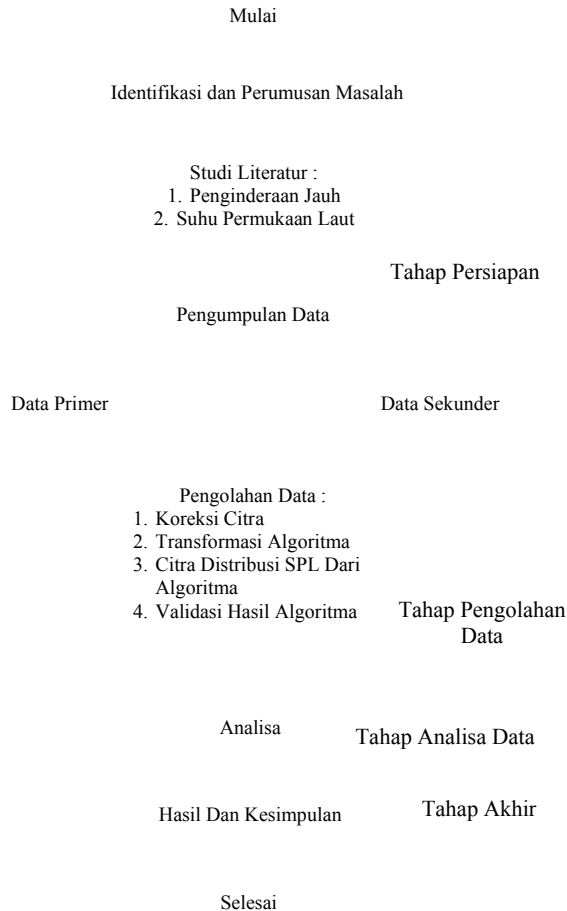
- a. Data Citra ASTER *scene-1* :
 - Tanggal 10 Pebruari 2007 jam 10.04 WIB
 - koordinat $6^{\circ} 34' 45,98'' - 7^{\circ} 17' 39,44''$ LS dan $112^{\circ} 30' 51,04'' - 113^{\circ} 5' 34,24''$ BT.
 - Level 1B.
- b. Data Citra ASTER *scene-2* :
 - Tanggal 3 September 2006 jam 09.53 WIB.
 - koordinat $7^{\circ} 7' 27,9'' - 7^{\circ} 50' 21,51''$ LS dan $112^{\circ} 27' 58,02'' - 113^{\circ} 2' 43,59''$ BT.
 - Level 1B
- c. Data Citra NOAA-AVHRR 17 :
 - Tanggal 3 September 2006 jam 10.30 WIB.

- Tanggal 10 Pebruari 2007 jam 10.30 WIB.
- Level 1B.
- d Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) lembar 1608 (331-334), dan 1609 (311-312), Skala 1 : 25.000 edisi I tahun 1999 terbitan BAKOSUTANAL.
- e Peta digital Topografi Indonesia skala 1: 1.000.000 tahun 1995 terbitan BAKOSURTANAL.
- f Data Batimetri perairan Selat Madura yang diekstrak dari data *General Bathymetry Chart Ocean* (GEBCO) dengan ketelitian grid 1 menit (resolusi spasial = 1,85 km). <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/gebco/gebco.html>
- g Data lapangan tanggal 9 desember 2007.

Peralatan

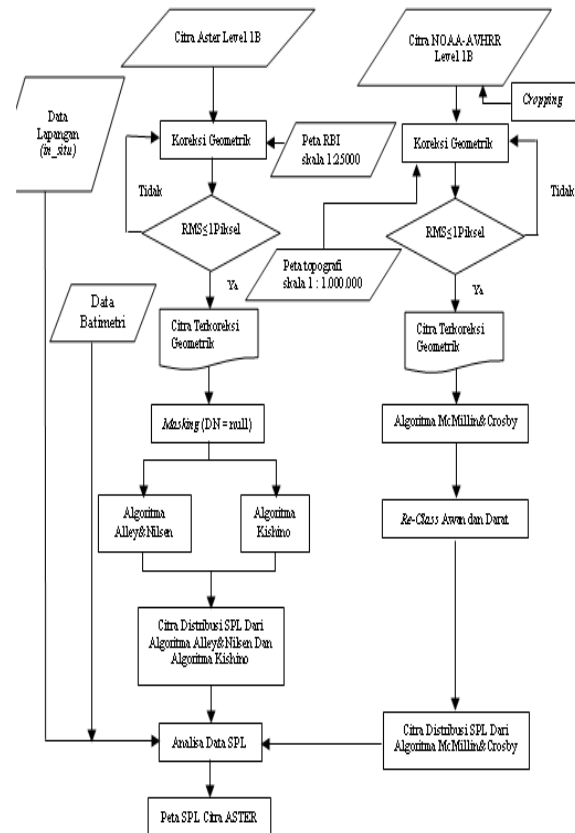
- a Personal komputer (PC).
- b *Software AutoCAD Land Development.*
- c *Software Envy 4.0.*
- d *Software ER Mapper 6.4.*
- e *Software Matlab 7.0.*
- f *Software Global Mapper 8.0.*
- g *Software Surfer 8.0.*
- h *Software MS.Word 2003.*
- i *Software MS.Excell 2003.*
- j *Scanner.*
- k *GPS Hand Held .*
- l *Thermometer mercury* fraksi 0,5 derajat.
- m Perahu motor, kamera digital, alat tulis dan jam.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 3 : Diagram Alir Penelitian

Pengolahan Data



Gambar 4 : Diagram Alir Pengolahan Citra

Pengolahan Citra Aster

Penerapan Algoritma Alley & Nilsen

Penerapan metode algoritma Alley & Nilsen pada pendugaan SPL dilakukan dengan perhitungan pada masing-masing band (*single band*) inframerah termal (TIR) yang terdiri atas band 10 – band 14, sehingga dengan memanfaatkan masing-masing band ini dapat dihitung masing-masing nilai radian dan *brightness temperature*.

Untuk memperoleh nilai radian maka digunakan persamaan 1 yaitu :

$$rad = (DN-1) * UCC_{band} \quad \text{pers(1)}$$

dimana :

rad = Nilai Radian (Watts/ m² sr m)

DN = *Digital number* pada tiap band

$UCC_{band} = \text{Unit conversion coefficients}$,
(watts/ meter² / steradian/ micrometer) / DN
(dilampiran).

Kemudian mengubah nilai radian menjadi nilai suhu digunakan persamaan 2 :

$$BT = \frac{C_2}{\lambda_c \ln \left(\frac{C_1}{\lambda_c^5 \pi rad} + 1 \right)} \quad \text{pers(2)}$$

Dimana :

Bt = *Brightness temperature* (⁰K)

$\lambda_c = \text{Central Wavelength}$ (m) (dilampiran)

c1 = Konstanta (3,741775 x 10⁻²²W-m³-μ⁻¹)

c2 = Konstanta (0,0143877 m⁻⁰K)

rad = Nilai Radian spektral (Watts/ m² sr m)

Data yang diperoleh diubah kedalam satuan celcius dimana :

$$T^{\circ}\text{Celsius} = T^{\circ}\text{Kelvin} - 273^{\circ} \quad \text{pers(3)}$$

Penerapan Algoritma Kishino

Penerapan metode algoritma Kishino pada pendugaan SPL dilakukan dengan menggabungkan ke lima band inframerah termal tersebut dimana :

$$SPL = a + b10*T10 + b11*T11 + b12*T12 + b13*T13 + b14*T14 \quad \text{pers(4)}$$

Dimana :

$$a = 1,16 \quad b12 = 1,13$$

$$b10 = -1,07 \quad b13 = 0,78$$

$$b11 = 0,49 \quad b14 = -0,32$$

T10, T11, T12, T13, T14 = *Brightness temperature* tiap band, persamaan (2)

Pengolahan Citra NOAA-AVHRR

Penerapan Algoritma McMillin & Crosby

Penentuan SPL Citra NOAA-AVHRR dilakukan dengan menggunakan formula McMillin & Crosby. Formula ini telah digunakan oleh beberapa peneliti dari LAPAN dan BRKP-DKP untuk perhitungan SPL di wilayah perairan Indonesia.

Formula McMillin & Crosby:

$$SPL = b4 + 2.702 * (b4-b5) - 0.582 \quad \text{pers(5)}$$

di mana;

b4 adalah band 4 yang telah di-*invert*

b5 adalah band 5 yang telah di-*invert*

Dari hasil perhitungan SPL dengan menggunakan formula McMillin & Crosby dikonversi dalam derajat Celcius. Formula untuk menjadikan suhu ke dalam derajat celcius adalah:

$$SPL (^{\circ}\text{C}) = (\text{INPUT1} * 0.1) + 10.0 \quad \text{pers(6)}$$

di mana, *INPUT1* adalah citra hasil transformasi SPL dengan formula McMillin & Crosby.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Koreksi Geometrik Citra

Hasil koreksi geometrik pada citra ASTER tanggal 3 September diperoleh nilai rata-rata RMS_{error} sebesar 0,457, hal tersebut berarti bahwa pergeseran rata-rata setelah dilakukan rektifikasi adalah sebesar 0,076 x 90 m = 6,840 m, sedangkan Citra ASTER tanggal 10 Pebruari 2007 sebesar 0,108 dan pergeseran rata-rata nya 0,108 x 90 m = 9,72 m dengan masing-masing nilai *strength of figure* 0,003 dan 0,0019.

Pada Citra NOAA-AVHRR hasil koreksi geometrik citra tanggal 3 September diperoleh rata-rata nilai RMS_{error} sebesar 0,213 piksel

dengan pergeseran rata-rata 0,2343 km, sedangkan citra tanggal 10 Pebruari 2007 sebesar 0,104 dengan pergeseran rata-rata 0,1144 km serta nilai *strength of figure* kedua citra 0,003. Nilai tersebut memenuhi batas toleransi untuk koreksi geometrik maksimal 1 piksel (Purwadi, 2001) dan nilai *strength of figure* mendekati nol (Abidin, 2000)

Perbandingan Hasil Algoritma SPL Citra ASTER

Hasil pengolahan data Citra ASTER serta distribusi SPL ditunjukkan pada lampiran serta kisaran nilai SPL hasil perhitungan diberikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 1 : Nilai Kisaran SPL Musim Kemarau tgl 3 September 2006

No	Algoritma	Nilai SPL (°C)	
		Min	Max
1	Alley&Nilsen Band 10 TIR	19,272	23,912
2	Alley&Nilsen Band 11 TIR	20,258	25,08
3	Alley&Nilsen Band 12 TIR	20,641	25,958
4	Alley&Nilsen Band 13 TIR	23,015	27,864
5	Alley&Nilsen Band 14 TIR	22,619	27,484
6	Kishino (Multi Band TIR)	27,322	33,478

Tabel 2 : Nilai Kisaran SPL Musim Hujan tgl 10 Pebruari 2007

No	Algoritma	Nilai SPL (°C)	
		Min	Max
1	Alley&Nilsen Band 10 TIR	12,033	18,172
2	Alley&Nilsen Band 11 TIR	14,455	24,691
3	Alley&Nilsen Band 12 TIR	18,002	25,738
4	Alley&Nilsen Band 13 TIR	16,71	27,522
5	Alley&Nilsen Band 14 TIR	14,033	21,936
6	Kishino (Multi Band TIR)	23,302	36,324

Estimasi SPL menggunakan algoritma Kishino memberikan hasil yang lebih tinggi dimana pada musim kemarau SPL mencapai 33 °C sedangkan untuk musim hujan mencapai 36 °C dengan pola sebaran suhu yang hampir sama dengan pola sebaran suhu dari algoritma Alley&Nilsen. Pada algoritma Alley&Nilsen pencapaian suhu maksimum pada band 10 TIR memiliki nilai yang paling rendah diantara band tunggal yang lain.

Analisa Hasil Algoritma SPL Citra ASTER Dengan Data In-situ

Untuk menguji kesesuaian antara nilai SPL citra dari kedua algoritma dengan data *in-situ*, dilakukan validasi dengan analisa regresi linier sederhana.

Dari data tabel (3) diperoleh nilai koefisien determenasi (R^2) tertinggi oleh algoritma Kishino yaitu $R^2 = 0.6093$ Sedangkan pada band tunggal nilai (R^2) tertinggi dicapai oleh band 13 TIR sebesar $R^2 = 0.5900$. Nilai persamaan regresi dan nilai koefisien determenasi (R^2) dari masing-masing algoritma ditunjukkan dalam tabel (4).

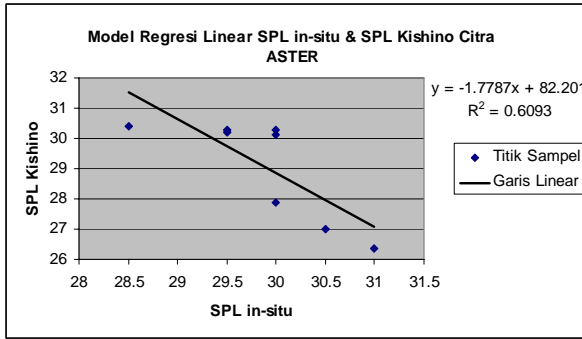
Tabel 3 : DATA PENGUKURAN SAMPEL SUHU DI PERAIRAN SELAT MADURA

Tanggal : 9 Desember 2007
 Pukul : 09.00 - 12.30 WIB
 Kondisi Perairan : Arus pasang menuju pasang tertinggi
 Kondisi Cuaca : Cerah dan Berawan

Koordinat		Suhu Permukaan Laut (SPL °C)						
X (m)	Y (m)	Band 10	Band 11	Band 12	Band 13	Band 14	Kishino	in-situ
687,78 9	9,203,054	21.22	22.36	23.44	25.39	25.11	30.39	28.5
693,25 6	9,205,606	20.97	22.52	23.04	25.15	25.04	30.13	30
689,90 8	9,205,268	21.18	22.28	23.32	25.23	24.92	30.2	29.5
687,78 7	9,206,484	20.97	22.48	23.16	25.31	25.27	30.29	30
686,01 7	9,206,766	20.85	22.16	23.2	25.15	25.04	30.26	29.5
684,48 5	9,211,408	14.5	17.2	19.29	18.82	16.88	27.88	30
683,97 8	9,214,758	13.73	16.42	18.29	18.24	16.12	26.98	30.5
682,64 7	9,210,454	13.87	16.77	17.83	18.07	16.08	26.37	31

Tabel 4 : Persamaan Regresi Linear dan nilai koefisien determenasi (R^2) antara data *in-situ* dan Citra ASTER

No	Algoritma	Persamaan Regresi	R^2
1	Alley&Nilsen Band 10 TIR	$Y = -3,5352x + 124,02$	0,5239
2	Alley&Nilsen Band 11 TIR	$Y = -2,7113x + 101,27$	0,4876
3	Alley&Nilsen Band 12 TIR	$Y = -3,4619x + 126,10$	0,5228
4	Alley&Nilsen Band 13 TIR	$Y = -2,5803x + 98,533$	0,5900
5	Alley&Nilsen Band 14 TIR	$Y = -4,3090x + 150,54$	0,5035
6	Kishino (Multi Band TIR)	$Y = -1,7787x + 82,201$	0,6093



Gambar 5 : Model Regresi Linier SPL lapangan terhadap SPL Citra ASTER yang di ekstrak dari algoritma Kishino.

Nilai determenasi (R^2) yang diperoleh pada algoritma Kishino adalah 0.6093 artinya persamaan regresi diatas dapat digunakan untuk menerangkan hubungan antara faktor SPL *in-situ* dengan SPL citra. Perubahan nilai SPL citra dipengaruhi oleh perubahan nilai SPL *in-situ* 60,93%, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain diluar faktor tersebut.

Perolehan Nilai R^2 diatas pada dasarnya masih terlalu kecil, hal ini disebabkan karena beberapa hal seperti :

1. Jumlah sampel yang diperoleh di lapangan kurang banyak, sehingga dianggap kurang mewakili seluruh perairan Selat Madura.
2. Perbedaan waktu antara perekaman data citra dengan waktu pengambilan sampel di lapangan.

Analisa Hasil Algoritma SPL Citra ASTER Dengan Citra NOAA – AVHRR

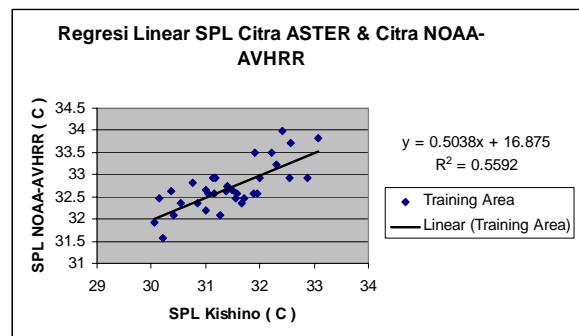
Metode yang dilakukan dalam uji kesesuaian yaitu dengan melakukan *training sample* pada kedua citra yang nilainya diambil secara acak pada lokasi yang sama pada kedua citra. Sebagai contoh nilai SPL dari 1 buah piksel Citra NOAA-AVHRR memiliki resolusi spasial 1,1 km sedangkan untuk nilai SPL Citra ASTER diturunkan dari jumlah rata-rata beberapa piksel pada daerah yang sama dengan 1 piksel Citra NOAA-AVHRR. *Training sample* dilakukan dengan total 35 sampel data.

Dari perbandingan data diperoleh nilai koefisien determenasi (R^2) tertinggi oleh algoritma Kishino yaitu $R^2 = 0.5592$ sedangkan pada band tunggal nilai (R^2) tertinggi dicapai oleh band 13 TIR sebesar $R^2 = 0.2014$. Hal ini sama seperti perbandingan dengan data *in-situ* dimana untuk band tunggal band 13 TIR memiliki nilai sensitifitas tertinggi pada penginderaan termal. Berikut adalah nilai persamaan regresi dan nilai koefisien determenasi (R^2) dari masing-masing algoritma yang ditunjukkan dalam tabel (5) berikut ini.

Nilai determenasi (R^2) yang diperoleh pada algoritma Kishino adalah 0.5592 artinya persamaan regresi dapat digunakan untuk menerangkan hubungan antara faktor SPL Citra ASTER dengan SPL Citra NOAA-AVHRR.

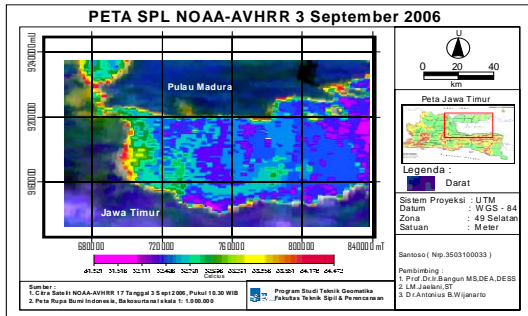
Tabel 5 : Persamaan Regresi Linear dan nilai koefisien determinasi (R^2) antara Citra ASTER dan Citra NOAA-AVHRR

No	Algoritma	Persamaan Regresi	R^2
1	Alley&Nilsen Band 10 TIR	$Y = 0,4892x + 22,302$	0,1664
2	Alley&Nilsen Band 11 TIR	$Y = 0,4525x + 22,491$	0,1627
3	Alley&Nilsen Band 12 TIR	$Y = 0,3832x + 23,675$	0,1156
4	Alley&Nilsen Band 13 TIR	$Y = 0,5152x + 19,675$	0,2014
5	Alley&Nilsen Band 14 TIR	$Y = 0,4229x + 21,971$	0,1517
6	Kishino (Multi Band TIR)	$Y = 0,5038x + 16,875$	0,5592

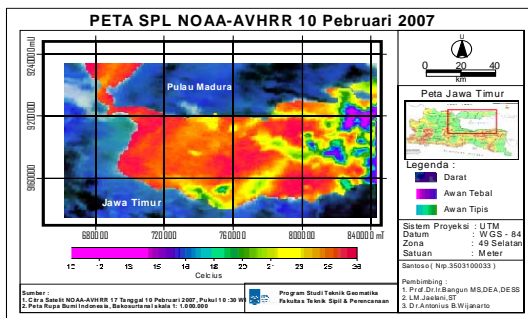


Gambar 6 : Model Regresi Linier SPL Kishino Citra ASTER terhadap SPL Citra NOAA

Berikut ini adalah model distribusi SPL dari Citra NOAA-AVHRR untuk tanggal dan jam yang sama dengan perekaman Citra ASTER.



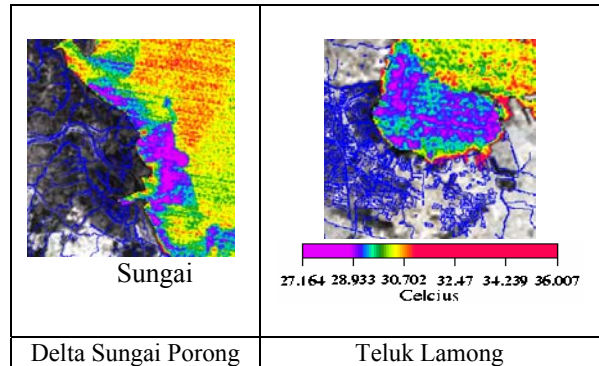
Gambar 7 : Pola Sebaran SPL Citra NOAA-AVHRR tanggal 3 September 2006



Gambar 8 : Pola Sebaran SPL Citra NOAA-AVHRR tanggal 10 Februari 2007

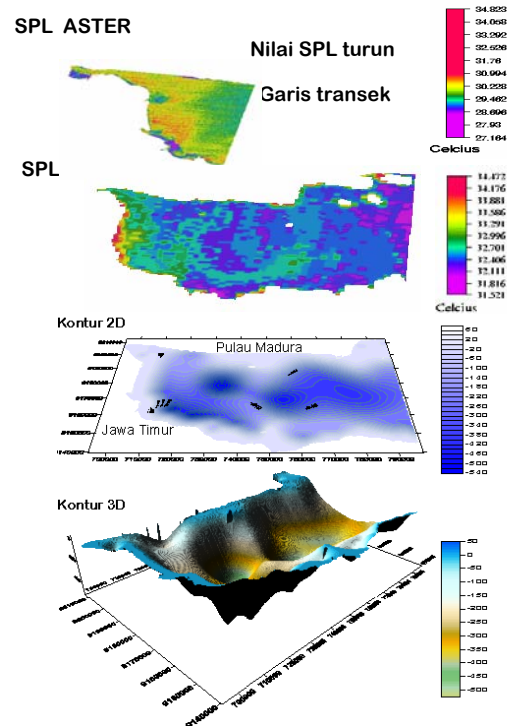
Analisa Deskriptif Pola Distribusi SPL Terhadap Kondisi Topografi

Secara topografis Selat Madura memiliki beberapa sungai yang bermuara, diantaranya Sungai Bengawan Solo, dan Sungai Brantas. Menurut *Marine Geological Institute Indonesia (MGI,2002)* kedua sungai banyak membawa material sedimen yang mengendap di muara-muara sungai diantaranya adalah muara sungai porong, teluk lamong, muara kalimas. Pada gambar 9 terlihat jelas bahwa daerah-daerah di sekitar muara sungai menunjukkan nilai SPL yang rendah karena adanya pengaruh aliran air sungai yang bercampur material suspensi dan endapan, menurut Kay dkk., (2005) bahwa nilai SPL dapat dipengaruhi oleh nilai sedimen dan *vegetation load* dan juga kekasaran permukaan.

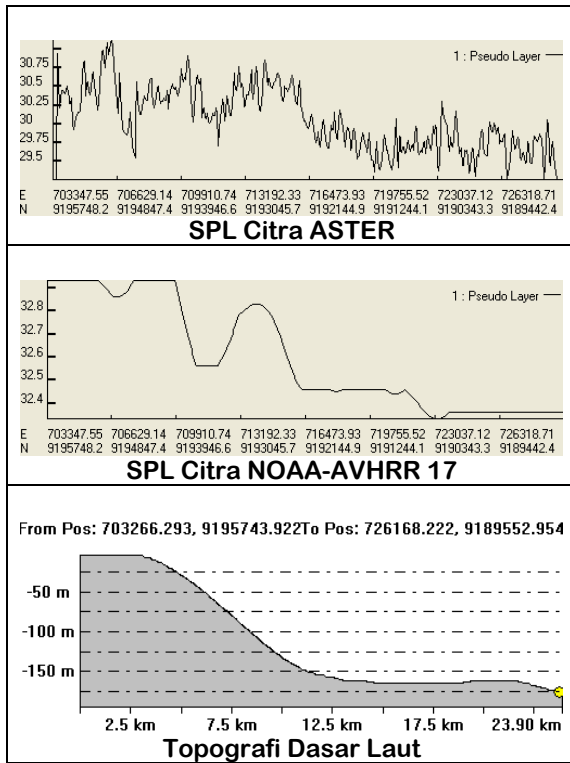


Gambar 9 : Daerah Aliran Sungai yang bermuara di Selat Madura

Selain aliran sungai terkait dengan SPL ternyata kondisi topografi dasar laut Selat Madura juga memberikan pengaruh terhadap pola SPL. Perairan Selat Madura secara fisiografis bisa digambarkan sebagai perairan yang berbentuk setengah cawan (setengah cekungan).



Gambar 10 : SPL Citra dan Topografi Dasar Laut Selat Madura



Gambar 11 : Profil penampang melintang Transek SPL terhadap fungsi kedalaman.

Dari gambar 10 dan 11 secara visualisasi dapat menjelaskan secara deskriptif bahwa pola SPL berhubungan dengan fungsi kedalaman (Wijanarto, AB. 2003). Hal ini dapat dilihat dengan jelas baik pada Citra ASTER maupun NOAA-AVHRR bahwa sebaran suhu semakin menurun menuju arah laut dalam yang ditunjukkan oleh data batimetri topografi dasar laut yang di ekstrak dari data GEBCO.

Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian kedua algoritma yang digunakan untuk menghitung SPL pada Citra ASTER, hasil dari algoritma Kishino yang paling sesuai dengan kondisi daerah penelitian. Hal ini dijelaskan dengan memakai analisa regresi linear antara hasil algoritma pada citra dengan data lapangan serta dengan data Citra NOAA-AVHRR. Hasilnya didapat bahwa pada algoritma Kishino memiliki nilai koefisien

determinasi (R^2) sebesar 0,6093 terhadap data lapangan dan 0,5592 terhadap data Citra NOAA-AVHRR. Bila dibandingkan dengan perhitungan algoritma Alley & Nilsen, dari kelima band tersebut hasil terbaik ditunjukkan oleh Band 13 TIR dimana memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,59 terhadap data lapangan dan 0,2014 terhadap data Citra NOAA-AVHRR.

2. SPL di sekitar muara sungai Selat Madura menunjukkan nilai yang lebih rendah karena dipengaruhi oleh bahan material yang dibawa oleh sungai menuju laut, selain itu SPL juga dipengaruhi oleh faktor kedalaman yang menunjukkan semakin dalam maka SPL semakin menurun kearah yang lebih dalam.
3. Hasil lain dari penelitian ini yaitu nilai RMS *error* rata-rata Citra ASTER tahun 2006 adalah 0,076 dengan nilai *strength of figure* titik GCP sebesar 0,003 sedangkan Citra ASTER tahun 2007 diperoleh RMS *error* rata-rata 0,108 dengan nilai *strength of figure* titik GCP sebesar 0,0019. Untuk Citra NOAA-AVHRR tahun 2006 diperoleh RMS *error* rata-rata 0,213 dengan nilai *strength of figure* titik GCP sebesar 0,003 sedangkan Citra NOAA-AVHRR tahun 2007 diperoleh RMS *error* rata-rata 0,104 dengan nilai *strength of figure* titik GCP sebesar 0,003.

Saran

1. Dalam melakukan validasi nilai SPL agar lebih diperhatikan penggunaan data lapangan yang sebaiknya data tersebut diambil bersesuaian dengan waktu perekaman citra.
2. Untuk pengambilan data lapangan sebaiknya menggunakan alat pengukur suhu yang lebih teliti hingga 0,1 °C seperti alat *digital water checker* atau YSI, sehingga dalam melakukan validasi dengan data Citra ASTER akan lebih tepat karena memiliki ketelitian yang lebih baik.
3. Untuk memperoleh hasil *overlay* yang baik pada saat melakukan uji validasi

antara Citra ASTER dan NOAA-AVHRR sebaiknya nilai RMSe rata-rata pada koreksi geometrik Citra NOAA-AVHRR tidak lebih dari 0,1 piksel (0,1 piksel x 1,1 km = 0,11 km) mengingat resolusi spasial Citra ASTER TIR adalah 90 meter.

DAFTAR PUSTAKA

ASTER Science Team. 1996. *ATBD for ASTER level-1 Data Processing (ver 3.0). Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC). Japan.*

Canada Center of Remote Sensing. *Fundamental of Remote Sensing*. <http://www.ccrs.gov.au>. Dikunjungi pada tanggal 20 Nopember 2007 jam 23.00 WIB.

Hendiarti, N., dkk., 2004. Data Suhu Permukaan Laut dengan Citra ASTER, dalam Ekspedisi Potrets Pulau Nipah. Jakarta. http://bppt.go.id/p3tisd-ekspedisi_potrets_pulau_nipah.htm dikunjungi pada tanggal 11 Oktober 2007 jam 14.00 WITA.

Kay, J., dkk., 2005. "Accuracy of lake and stream temperatures estimated from thermal infrared images", *Journal of the American Water Resources Association, Vol.41, No.5, October 2005.*

Kishino, M., dkk, 2000. *Water Quality and Temperature Mapping Using ASTER. Remote Sensing Japan*, Maret 2000.

Narieswari, Lalitya. 2005. "Estimasi Suhu Permukaan Laut Perairan Delta Berau Menggunakan Band TIR Citra Aster", dalam Model Aplikasi Remote Sensing dan Sistem Informasi Geografis Wilayah Delta Berau. BAKOSURTANAL. Cibinong.

Sakuno dkk. 2002. *Proceedings of The Twelfth. International Offshore and Polar Engineering Conference Kitakyushu. Japan : May 26-3,2002*

SEACORM, 2006. Materi Pelatihan Dasar Penginderaan Jauh. *Ocean Remote Sensing Team*. Bali : Balai Riset dan Observasi Kelautan (BROK).

Trisakti, Bambang, dkk. 2002. *Study of Sea Surface Temperature (SST) using Landsat-7 ETM (In Comparison with Sea Surface Temperature of NOAA-12 AVHRR). Remote Sensing Application and Technology Development Center – LAPAN*

Wijanarto, A.B., 2003., Kajian Geografis Wilayah Pesisir Dan Lautan Pulau Bahubulu Dan Sekitar BAKOSURTANAL : Cibinong.

LAMPIRAN

Tabel : Unit conversion coefficients tiap band TIR ASTER (ASTER Science Team,1996)

Band TIR	Unit conversion coefficients, (watts/ meter ² / steradian/ micrometer)/ DN	Central Wavelength (µm)
10	6,882 x 10 ⁻³	8,29
11	6,780 x 10 ⁻³	8,63
12	6,590 x 10 ⁻³	9,08
13	5,693 x 10 ⁻³	10,66
14	5,225 x 10 ⁻³	11,29

