

**STUDI PERUBAHAN SUHU PERMUKAAN LAUT  
DALAM RANGKA PEMBUATAN SISTEM INFORMASI KELAUTAN  
(STUDI KASUS: PEMBUANGAN LUMPUR LAPINDO DI SELAT MADURA)**

**Bangun Muljo Sukojo, Danar Guruh Pratomo, Lalu Muhamad Jaelani**

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

**ABSTRAK**

Peristiwa semburan lumpur panas di lokasi pengeboran PT. Lapindo Brantas di Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, terjadi sejak 27 Mei 2006. Semburan lumpur ini membawa dampak yang luar biasa bagi masyarakat sekitar maupun bagi aktivitas perekonomian di Jawa Timur. Salah satu skenario penanganan teknis untuk menghentikan semburan lumpur panas adalah dengan membuang langsung lumpur panas tersebut ke Selat Madura melalui Kali Porong. Usaha ini diindikasikan membawa perubahan terhadap Suhu Permukaan Laut (SPL) di sekitar Muara Kali Porong dan Selat Madura.

Pada penelitian ini untuk mengetahui kecenderungan SPL di sekitar Muara Kali Porong dan Selat Madura sebelum dan setelah pembuangan lumpur panas ke Kali Porong, dilakukan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Citra satelit yang digunakan untuk melakukan monitoring SPL adalah citra ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) multitemporal tahun 2005, 2006, 2007 dan 2008. Nilai SPL yang diperoleh pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan algoritma Kishino.

Berdasarkan hasil pengolahan data citra ASTER dan pengamatan langsung di lapangan terdapat adanya perbedaan nilai SPL. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan kondisi saat pencitraan dan pada saat pengambilan data lapangan. Pada penelitian ini juga dapat diketahui bahwa perubahan SPL dari citra ASTER yang terjadi pada saat sebelum dan sesudah lumpur panas dibuang melalui Kali Porong terjadi secara tidak konsisten. Hal ini disebabkan adanya perbedaan kondisi cuaca pada saat dilakukannya proses pencitraan pada masing-masing citra.

**Kata Kunci:** ASTER, Suhu Permukaan Laut, Muara Kali Porong

**Latar Belakang**

Peristiwa semburan lumpur panas di lokasi pengeboran PT. Lapindo Brantas di Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, terjadi sejak 27 Mei 2006. Peristiwa ini membawa dampak yang luar biasa bagi masyarakat sekitar maupun bagi aktivitas perekonomian di Jawa Timur. Skenario penanganan teknis untuk menghentikan semburan lumpur panas dengan menggunakan *snubbing unit*, *side tracking* dan pembuatan *relief well* mengalami kegagalan. Usaha yang dilakukan untuk mengurangi beban lumpur di daratan adalah dengan membuang langsung lumpur panas tersebut ke selat Madura melalui Kali Porong. Hal ini akan mempengaruhi kualitas perairan Selat Madura dan sekitarnya.

Usaha penanganan lumpur panas Lapindo dengan melakukan pembuangan ke perairan Selat

Madura, diindikasikan membawa perubahan terhadap suhu permukaan laut (SPL) di Selat Madura. Suhu Permukaan Laut merupakan salah satu faktor abiotik yang memiliki pengaruh yang besar terhadap kehidupan dan pertumbuhan organisme perairan, dimana masing-masing organisme perairan tersebut memiliki karakteristik yang berbeda terhadap kondisi suhu perairan yang sesuai untuk kelangsungan hidupnya. Perubahan terhadap SPL ini menyebabkan variasi terhadap kehidupan laut dan faktor oseanografi terkait.

Salah satu teknik untuk memetakan SPL adalah dengan bantuan satelit Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*) dan didukung dengan pengukuran suhu secara langsung di lapangan (*in situ*) untuk validasi datanya. Metode penginderaan jauh ini dapat digunakan untuk memonitoring perubahan Suhu Permukaan Laut

secara cepat. Pada penelitian ini citra satelit yang digunakan untuk melakukan monitoring SPL adalah citra ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*). Analisis SPL dilakukan terhadap citra multi-temporal sejak tahun 2005 s.d. 2008 untuk mengetahui kecenderungan SPL yang terdapat di Selat Madura sebelum dan setelah dilakukannya pembuangan lumpur panas ke Kali Porong.

### Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau fenomena yang dikaji (Lillesand and Kiefer, 1994).

Penginderaan jauh juga dapat diartikan sebagai ilmu dan teknologi yang digunakan untuk mengetahui informasi tentang objek dengan jalan mengidentifikasi, mengukur dan menganalisa karakteristik tanpa kontak langsung (JARS, 1993). Cracknell (1981), membedakan teknik penginderaan jauh menjadi tiga sistem, yaitu: [1] sistem pasif yang menggunakan tenaga pancaran objek, [2] sistem pasif yang menggunakan pantulan sinar matahari dan [3] sistem aktif yang menggunakan tenaga dari wahana itu sendiri.

Pada penginderaan jauh terdapat empat komponen dasar sistem, yaitu: target, sumber energi, alur transmisi dan sensor. Komponen dalam sistem ini berkerja bersama untuk mengukur dan mencatat informasi mengenai target tanpa menyentuh objek tersebut

### *Advance Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)*

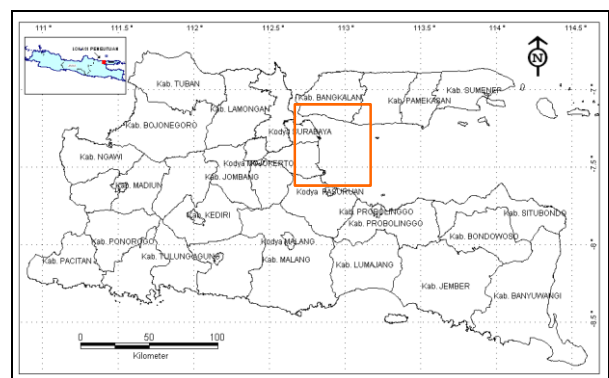
ASTER merupakan sensor optik multi spektral dengan resolusi spasial tinggi yang dimuat pada satelit Terra yang diluncurkan pada bulan Desember 1999. Memiliki resolusi dari citranya antara 15 m sampai dengan 90 m. ASTER mempunyai 14 band spektral dari mulai band visible (spektrum tampak) sampai band thermal (spektrum panas), yang terbagi menjadi tiga radiometer, yaitu (Ersdac, 2002): *Visible Near Infrared Radiometer (VNIR)*, *Short Wave Infrared Radiometer (SWIR)* dan *Thermal Infrared*

*Radiometer (TIR)*. VNIR merupakan instrumen yang mampu mendeteksi pantulan dari permukaan bumi pada gelombang visibel sampai infra merah dekat ( $0.52 \mu\text{m} - 0.86 \mu\text{m}$ ).

Satu kelebihan sensor ASTER adalah memiliki dua band inframerah dekat dengan panjang gelombang yang sama, yaitu *band 3N (nadir: arah tegak lurus)* dan *3B (backward: arah belakang)*, dimana *band 3B* dipergunakan untuk memperoleh pandangan ke arah belakang dengan sudut dari titik nadir sejauh  $27,60^\circ$  (Ersdac, 2002). Penambahan *band 3B* bertujuan untuk memperoleh kemampuan stereoskopik yang dapat diproses lebih jauh untuk menghasilkan informasi ketinggian dari objek di permukaan bumi atau *Digital Elevation Model (DEM)*.

Karakteristik utama dari sensor ASTER adalah:

1. Merekam data citra permukaan bumi dari panjang gelombang daerah *visible* ke daerah *thermal infrared*.
2. Sensor optik dengan resolusi geometrik dan radiometrik yang tinggi pada semua frekuensi kanal.
3. Data citra tiga dimensi dapat dibuat pada orbit tunggal menggunakan kanal *near infrared*.
4. Terdapat fungsi gerak yang dapat menunjuk suatu daerah yang akan diakuisisi dengan sudut arah lintasan untuk SWIR dan TIR adalah  $\pm 8.55^\circ$  dan  $\pm 24^\circ$  untuk VNIR.



**Gambar 1: Peta Lokasi Daerah Penelitian**

### Suhu Permukaan Laut (SPL)

Suhu air laut merupakan parameter vital dalam mengetahui peranan laut sebagai reservoir panas. Perubahan suhu menyebabkan variasi dalam sifat air laut dan kehidupan yang mendukungnya. Data

suhu air dapat dimanfaatkan untuk mempelajari gejala-gejala fisika di dalam laut serta dalam kaitannya dengan kehidupan hewan dan tumbuhan. Hewan laut dapat hidup pada batas-batas suhu tertentu, ada yang mempunyai toleransi yang besar, sebaliknya ada pula hewan yang mempunyai toleransi kecil.

Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia dan biologi badan air. Peningkatan suhu dapat menyebabkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi dan volatilisasi selain itu peningkatan suhu juga mempengaruhi turunnya kadar gas-gas seperti O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dimana hal ini merupakan substansi yang dibutuhkan organisme air. Kondisi suhu yang meningkat mempengaruhi kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air yang ditunjukkan dengan peningkatan konsumsi oksigen. Mengingat pentingnya faktor suhu dalam menentukan siklus kehidupan di laut, maka informasi mengenai suhu di laut menjadi sangat penting.

Suhu Permukaan Laut dipengaruhi oleh kondisi meteorologi, seperti curah hujan, penguapan, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan intensitas radiasi matahari. Oleh karena itu, Suhu Permukaan Laut biasanya bervariasi menurut musim walaupun perbedaannya cukup kecil.

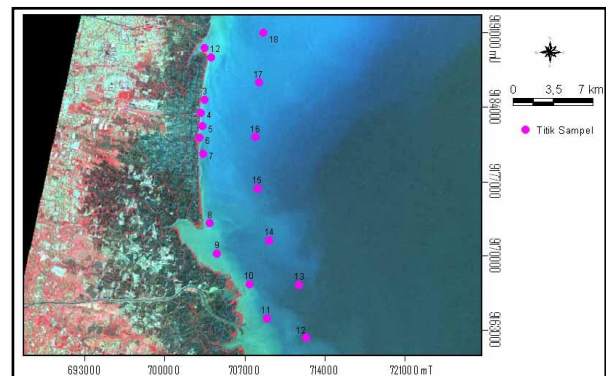
Selain faktor tersebut suhu permukaan laut juga dipengaruhi waktu dalam satu hari, sirkulasi udara, tutupan awan dan aliran serta kedalaman dari badan air. Suhu air permukaan merupakan lapisan hangat karena mendapat radiasi matahari dan kerja angin, sehingga di lapisan teratas sampai kedalaman 50 m - 70 m terjadi pengadukan dengan suhu hangat (sekitar 28 °C) yang homogen.

**Data Citra ASTER dan Data SPL *In situ***

Data Citra ASTER yang digunakan dalam penelitian ini adalah level 1B *multi-temporal* dengan waktu pencitraan adalah sebagai berikut:

- a. 11 Maret 2005 jam 10.30 WIB
- b. 1 Juli 2006 jam 10.30 WIB
- c. 3 September 2006 jam 10.30 WIB
- d. 10 Pebruari 2007 jam 10.30 WIB
- e. 19 Mei 2008 jam 10.30 WIB

Data lapangan diambil secara *in-situ* di 18 titik lokasi penelitian. Pada masing-masing titik sampel tersebut dicatat koordinat dan SPL nya. Akuisisi data koordinat dilakukan dengan menggunakan alat GPS (*Global Positioning System*) tipe navigasi Garmin 76XL dengan akurasi koordinat sebesar ± 15 m. Sedangkan untuk akuisisi data SPL dilakukan dengan menggunakan *thermometer mercury* yang memiliki skala pembacaan 0.5 °C. Adapun sebaran titik sampel tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2: Sebaran Titik Sampel**

**Penentuan SPL**

SPL ditentukan menggunakan rumus radiasi, dengan asumsi objek air dianggap sebagai *black body* dengan nilai emisi = 1 pada tiap panjang gelombang. Penentuan suhu permukaan air laut dilakukan melalui dua tahap, yaitu:

- a. Konversi Digital Number (DN) Menjadi Nilai Radian

$$rad = (DN - 1) * UCC_{band} \quad (2)$$

Dimana :

*rad* = Nilai Radian (Watts/ m<sup>2</sup> sr m)

*DN* = Digital number pada tiap *band*

*UCC<sub>band</sub>* = Unit conversion coefficients, (watts/meter<sup>2</sup>/steradian/micrometer)/DN

Setiap *band* TIR mempunyai nilai unit konversi tersendiri (Tabel 1).

**Tabel 1 Unit Conversion Coefficients Tiap Band TIR ASTER (ASTER Science Team,1996)**

<b>Band (TIR)</b>	<b>Unit Conversion Coefficients</b>	<b>Central Wavelength (µm)</b>
10	6.882 x 10 <sup>-3</sup>	8.29
11	6.780 x 10 <sup>-3</sup>	8.63
12	6.590 x 10 <sup>-3</sup>	9.08
13	5.693 x 10 <sup>-3</sup>	10.66

b. Menghitung *Brightness Temperature*

*Brightness Temperature* (BT) dihitung menggunakan metode *central wavelength* sebagai metode yang paling mendekati untuk diterapkan untuk pendugaan (Alley & Jentof-Nilsen, 2001). Berdasar pada pendugaan tersebut, nilai BT adalah:

$$BT = \frac{C_2}{\lambda_c \text{Ln} \left( \frac{C_1}{\lambda_c^5 \pi \text{rad}} + 1 \right)} \quad (3)$$

Dimana :

BT= *Brightness temperature* (°K)

$\lambda_c$  = *Central Wavelength* (m)(Tabel 1)

$C_1$ = Konstanta ( $3.741775 \times 10^{-22} \text{Wm}^3 \mu^{-1}$ )

$C_2$ = Konstanta ( $0.0143877 \text{ m}^2 \text{K}$ )

rad = Nilai Radian spectral ( $\text{Watts/m}^2 \text{sr m}$ )

Temperatur yang diperoleh pada proses tersebut belum dilakukan koreksi atmosfer. Nilai *brightness temperature* ini dianggap sebagai suhu terukur dengan asumsi emisitas permukaan bernilai 1.

Penerapan metode algoritma Kishino pada pendugaan SPL dilakukan dengan menghitung nilai *brightness temperature* pada masing-masing *band* (*single band*) inframerah termal (TIR) yang terdiri atas *band* 10 s.d. *band* 14, sehingga dengan memanfaatkan masing-masing *band* ini dapat dihitung masing-masing nilai radian dan *brightness temperature*nya.

Langkah selanjutnya adalah mengubah nilai radian menjadi nilai suhu dengan menggunakan rumus 2. Pada ER Mapper 6.4, rumus 3 diterapkan dalam formula 4.

Pada formula 3 ini digunakan *band* 10 sebagai contoh.

$$\frac{0.0143877}{(8.29 * \text{pow}(10, -6)) * \log((3.741775 * \text{pow}(10, -22)) / ((\text{Pow}(8.29, 5) * \text{pow}(10, -30)) * \text{PI} * ((i-1) * (6.882/1000)))) + 1)} \quad (4)$$

Selanjutnya perhitungan SPL dilakukan dengan algoritma Kishino. Algoritma ini memperhitungkan semua *band* TIR pada citra ASTER dengan cara menjumlahkan nilai *brightness temperature* tiap *band* yang dikalikan dengan

konstanta tertentu, yang berbeda nilainya untuk tiap *band*.

$$SPL = a + b_{10} * T_{10} + b_{11} * T_{11} + b_{12} * T_{12} + b_{13} * T_{13} + b_{14} * T_{14} \quad (5)$$

Dimana :

$$a = 1.16 \quad b_{12} = 1.13$$

$$b_{10} = -1.07 \quad b_{13} = 0.78$$

$$b_{11} = 0.49 \quad b_{14} = -0.32$$

$$T_{10}, T_{11}, T_{12}, T_{13}, T_{14} = \text{BT tiap band}$$

Kishino dkk. (2000), dalam penelitiannya mengenai pemetaan suhu dan kualitas air di teluk Tokyo untuk kualitas air dilakukan menggunakan Citra ASTER dari *band* VNIR. Sedangkan untuk Suhu Permukaan Laut diolah dari kelima *band thermal* (TIR). Pada penelitian ini SPL Citra ASTER ditentukan dengan perhitungan *single band* dan multi *band* dengan pembandingan suhu dari pengamatan secara *insitu*.

#### Hasil Algoritma SPL Citra ASTER

##### Citra ASTER Tanggal 11 Maret 2005

Pada Citra ASTER tanggal 11 Maret 2005 (Gambar 3a), SPL berkisar antara 29°C - 38°C. Suhu tertinggi terdapat pada aliran Kali Porong berkisar antara 35°C - 38°C. Hal ini disebabkan adanya pengaruh suhu daratan di sekitar Kali Porong, selain itu material yang dibawa oleh Kali Porong, seperti sedimen dan *vegetation load* juga memberikan pengaruh terhadap suhu di Kali Porong.

Pada citra ini, pencitraan dilakukan pada tanggal 11 Maret 2005. Hal ini berarti pencitraan dilakukan pada saat awal musim kemarau dan kondisi Kali Porong dalam keadaan yang masih normal dimana belum terjadi bencana lumpur panas dari PT. Lapindo Brantas.

##### Citra ASTER Tanggal 1 Juli 2006

Kondisi pada saat ini telah terjadi bencana luapan lumpur panas, namun proses pembuangan lumpur melalui Kali Porong belum dilakukan. Kondisi lain adalah pada dilakukan pencitraan masuk musim peralihan yang masih didominasi kabut tipis pada permukaan atmosfer. Hal ini mempengaruhi yang berpengaruh terhadap SPL. Pada Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa pola SPL berkisar antara 16°C - 27°C, dimana pada aliran

sungai suhu berkisar antara 19°C - 27°C. Sebaran SPL pad citra ini dapat dilihat pada Gambar 3b.

**Citra ASTER Tanggal 3 September 2006**

Pada saat, kondisi delta Kali Porong masih sama seperti sebelumnya dimana lumpur panas belum dibuang melalui aliran sungai, kondisi lain pada saat ini adalah masuk pada musim kemarau. Pada Gambar 3c dapat dilihat bahwa pola SPL berkisar antara 27°C - 41°C, dimana pada aliran sungai suhu berkisar antara 37°C - 41°C. Pada daerah delta terjadi penurunan SPL yang cukup rendah yang dipengaruhi suhu dari laut dalam yang bergerak ke arah pantai Sidoarjo. Kondisi seperti ini bisa saja terjadi peristiwa *upwelling* di sekitar delta Kali Porong dan pantai Sidoarjo yang disebabkan oleh penurunan suhu yang cukup cepat.

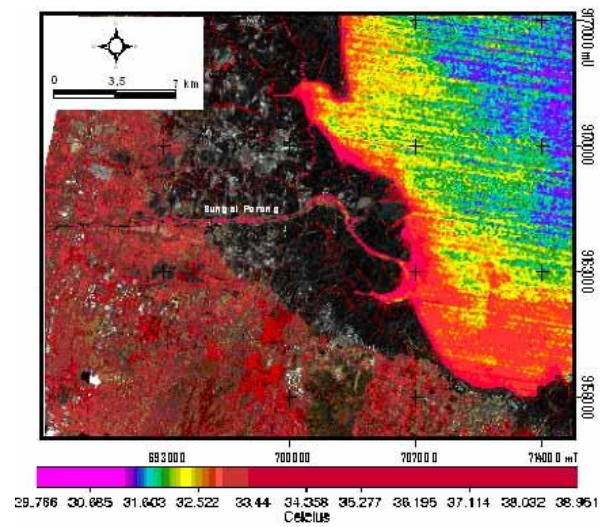
**Citra ASTER Tanggal 10 Pebruari 2007**

Kondisi pada saat ini lumpur telah dialirkan melalui aliran Kali Porong menuju perairan Selat Madura. Pada Gambar 3d dapat dilihat bahwa aliran Kali Porong memiliki suhu berkisar dari 27°C - 30°C. Namun dengan kondisi saat ini masuk pada musim hujan mengakibatkan SPL lebih rendah dari musim kemarau yaitu berkisar pada 25°C - 30°C. Walaupun lumpur telah dibuang ke laut melalui sungai porong kenyataannya hal tersebut tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan SPL karena hal ini memberikan asumsi bahwa SPL pada kondisi ini lebih dipengaruhi oleh kondisi cuaca atau musim yang terjadi saat itu.

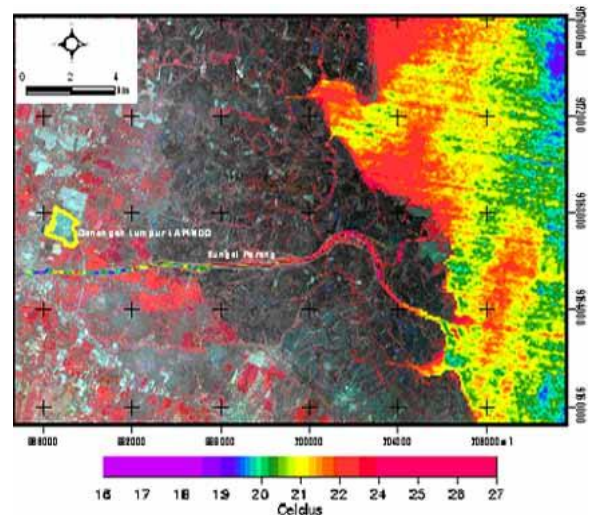
**Citra ASTER Tanggal 19 Mei 2008**

Jika dibandingkan dengan kondisi sebelumnya kondisi pada saat ini menunjukkan adanya pengaruh yang cukup besar akibat pembuangan lumpur ke laut terhadap SPL. Bila pada kondisi normalnya SPL yang tinggi berada sekitar garis pantai, namun saat ini kondisi SPL yang tinggi telah meluas menuju arah laut dalam, yaitu sekitar 3 - 5 km dari garis pantai dengan kisaran suhu 31°C -37°C.

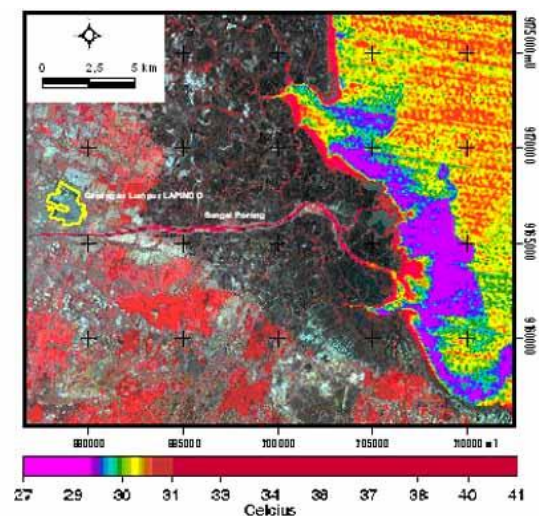
Kondisi seperti ini dapat mempengaruhi gejala fisis laut serta kaitannya dengan kehidupan biota laut. Adanya pengaruh musim kemarau yang cukup besar pada saat itu sangat berpengaruh nilai pada dari SPL itu sendiri.



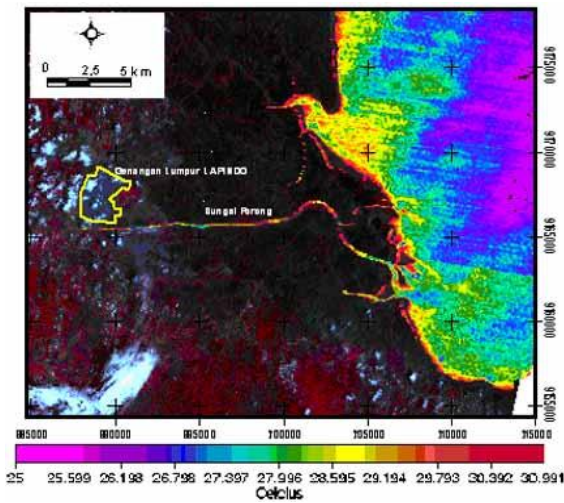
**Gambar 3a. 11 Maret 2005**



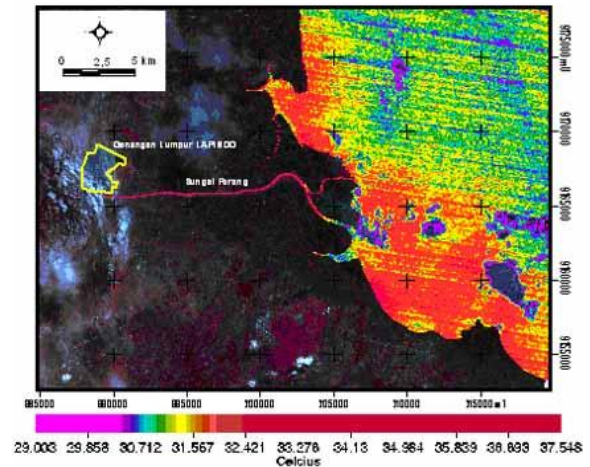
**Gambar 3b. 1 Juli 2006**



**Gambar 3c. 3 September 2006**



Gambar 3d. 10 Februari 2007



Gambar 3e. 19 Mei 2008

Gambar 3. Distribusi SPL Citra ASTER daerah Muara Kali Porong dan Selat Madura

**Data Citra ASTER dan Data Survei Lapangan**

Data SPL yang diperoleh dari citra ASTER dan data SPL yang diperoleh secara langsung di lapangan pada masing-masing titik sampel dapat dilihat pada Tabel 2. Sedangkan grafik perubahan SPL pada masing-masing titik sampel dapat dilihat pada Gambar 4. Pada Gambar 4 terlihat bahwa SPL tertinggi terjadi pada tanggal 11 Maret 2005. Hal tersebut disebabkan karena pada bulan Maret merupakan masa transisi antara musim hujan dan kemarau. Secara dominan SPL menunjukkan kondisi yang cukup tinggi dari tiap-tiap titik sampel pada bulan ini dibanding tahun-tahun setelahnya.

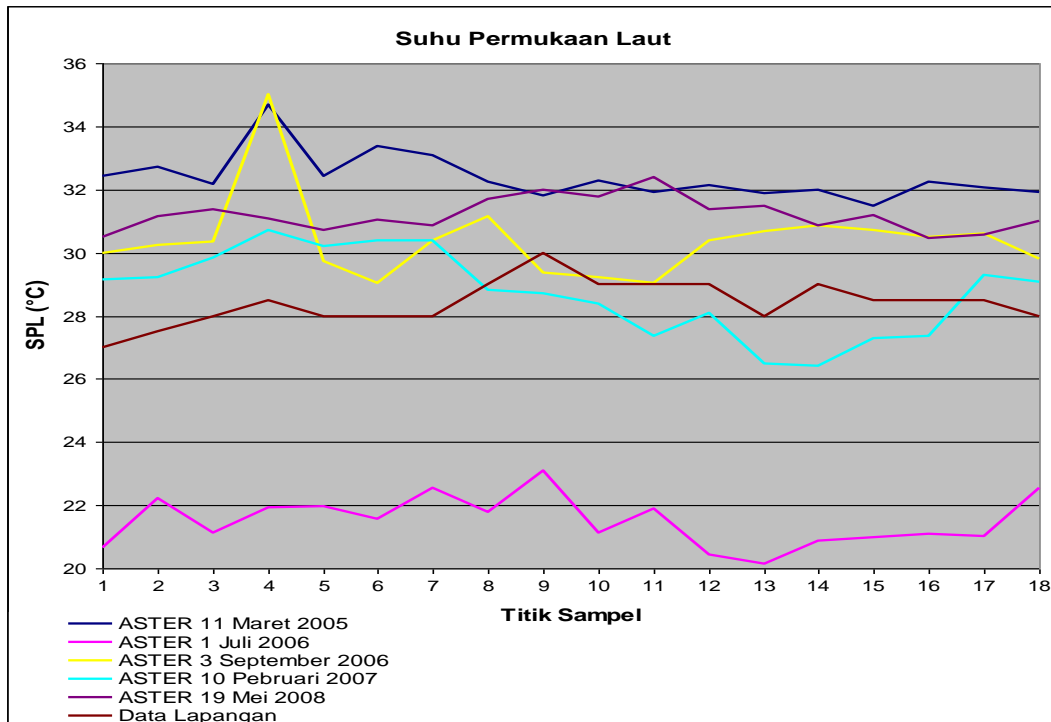
Pada data tanggal 1 Juli 2006, menunjukkan menunjukkan kisaran SPL yang jauh lebih rendah daripada data yang lain. Hal tersebut disebabkan data citra pada tanggal ini diliputi kabut awan yang sangat tipis yang tentunya sangat mengganggu nilai suhu objek dari penginderaan termal. Namun model grafik SPL pada lokasi titik sampel menunjukkan pola yang hampir sama dengan pola SPL dari data citra yang lain. Hal ini berarti bahwa nilai deviasi antara nilai SPL dari analisa citra dan dari analisa lapangan relatif kecil.

**Tabel 2: Data SPL dari Citra ASTER dan Data SPL In-situ pada Titik Sampel**

No.	Koordinat Sampel		SPL dari Citra ASTER (°C)					SPL In-situ (°C)	
	X (m)	Y (m)	11 Mar 2005	1 Jul 2006	3 Sep 2006	10 Feb 2007	19 May 2008	12 Aug 2008	
1	703.191	9.189.604	32.438	20.670	29.993	29.130	30.487	27.000	
2	703.748	9.188.728	32.707	22.226	30.230	29.204	31.140	27.500	
3	703.193	9.184.662	32.161	21.144	30.369	29.844	31.367	28.000	
4	702.793	9.183.436	34.706	21.937	35.022	30.729	31.063	28.500	
5	702.955	9.182.173	32.412	21.975	29.748	30.196	30.716	28.000	
6	702.669	9.181.060	33.380	21.550	29.051	30.402	31.032	28.000	
7	703.023	9.179.638	33.093	22.569	30.389	30.387	30.876	28.000	
8	703.635	9.173.061	32.242	21.774	31.149	28.808	31.706	29.000	
9	704.370	9.170.182	31.809	23.100	29.378	28.725	32.005	30.000	
10	707.421	9.167.302	32.275	21.125	29.208	28.380	31.787	29.000	
11	709.022	9.164.091	31.902	21.884	29.053	27.365	32.376	29.000	
12	712.774	9.162.237	32.133	20.441	30.390	28.080	31.383	29.000	
13	712.121	9.167.241	31.881	20.129	30.683	26.488	31.479	28.000	
14	709.273	9.171.434	32.003	20.882	30.852	26.427	30.866	29.000	
15	708.149	9.176.332	31.477	20.966	30.707	27.291	31.192	28.500	
16	707.965	9.181.162	32.241	21.089	30.513	27.365	30.461	28.500	
17	708.296	9.186.321	32.082	21.028	30.597	29.284	30.585	28.500	
18	708.748	9.191.058	31.935	22.552	29.820	29.090	30.995	28.000	

Pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa data citra pada bulan September 2006 paling mendekati data SPL yang diambil secara in-situ pada bulan Agustus 2008. Hal tersebut disebabkan adanya persamaan dari kondisi musim pada saat kedua data tersebut yaitu musim kemarau, walaupun kedua data tersebut diambil pada tahun yang berbeda. Perbedaan yang signifikan terjadi pada

Untuk data SPL pada citra tanggal 19 Mei 2008, nilai SPL yang ditunjukkan citra memiliki kisaran nilai yang lebih besar dari data lapangan, data SPL tertinggi yaitu pada titik sampel nomor 8 - 13 dimana lokasi dari titik tersebut tepat berada di sekitar muara Kali Porong. Analisa dari data Citra menunjukkan bahwa pada tanggal ini terjadi peningkatan SPL 3°C - 4°C di sekitar muara kali



**Gambar 4: Grafik Perubahan SPL pada Masing-masing Titik Sampel**

titik ke-4 dimana pada data bulan September 2006 pada titik tersebut memiliki nilai SPL 35.0°C, sedangkan data in-situ memiliki nilai 28.5°C. Perbedaan nilai SPL ini disebabkan oleh posisi titik ke-4 yang berada di sekitar pesisir dimana wilayah tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi pasang surut air laut.

Pada data SPL dari citra tanggal 10 Pebruari 2007, pada titik sampel 1 - 8 menunjukkan pola grafik SPL yang hampir sama dengan data citra lain sedangkan untuk data sampel dengan nomor 9 - 18 menunjukkan pola yang berbeda dengan data citra lain yaitu mengalami pola penurunan SPL terhadap data lapangan hal ini disebabkan data sampel 9 - 18 berada pada jarak 1 - 6 km dari tepi pantai dengan kondisi cuaca masuk pada musim hujan.

porong dengan sebaran mencapai 5 km ke arah laut dalam.

Data pengukuran SPL secara *insitu* yang dilakukan di lapangan pada tanggal 12 Agustus 2008 menunjukkan nilai yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan data citra untuk musim yang sama (musim kemarau), seperti yang terlihat pada Tabel 2. Perbedaan tersebut diakibatkan oleh metode akuisisi data SPL yang berbeda.

---

**Rekomendasi**

1. Kondisi Suhu Permukaan Laut dari citra ASTER sangat dipengaruhi oleh keadaan musim yang sedang terjadi pada saat perekaman citra tersebut dilakukan. Nilai SPL pada musim pancaroba awal (bulan Maret) dan musim pancaroba akhir (bulan September) akan cenderung lebih hangat dengan suhu berkisar antara 29 °C s.d. 30 °C apabila dibandingkan bulan-bulan yang lain. Penelitian lebih lanjut mengenai SPL dari data citra ASTER sebaiknya dilakukan dengan menggunakan citra dengan kala sedekat mungkin. Dengan demikian perubahan nilai SPL yang terkait dengan perubahan musim dapat diketahui dengan lebih detail.
2. Nilai SPL di Selat Madura lebih rendah apabila dibandingkan dengan nilai SPL di Kali Porong maupun di muaranya. Hal ini menunjukkan bahwa nilai SPL dipengaruhi oleh material yang dibawa oleh sungai tersebut dan suhu daratan. Selain itu faktor kedalaman perairan juga berpengaruh pada nilai SPL dimana semakin dalam suatu perairan, maka nilai SPL akan cenderung semakin menurun.
3. Berdasarkan data nilai SPL dari citra ASTER, perubahan nilai SPL di sekitar muara Kali Porong dan Selat Madura dari tahun 2005 s.d. tahun 2008 terjadi secara tidak konsisten, dalam artian bahwa tidak ada tren bahwa SPL di lokasi tersebut naik atau pun turun. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kondisi cuaca pada saat dilakukannya proses pencitraan.

**Pustaka**

- Jensen John R. 1986. *Introductory Digital Image Processing: a Remote Sensing Perspective*. Prentice Hall: London
- Kishino, M et al. 2000. *Water Quality and Temperature Mapping Using ASTER*. Remote Sensing Japan
- Lillesand, Thomas M and Kiefer, Ralph W. 2004. *Remote sensing and Imegery Interpretation*. John Wiley & Son Inc. New York
- Purwadhi. 2001. *Interpretasi Cita Digital*. Grasindo. Jakarta
- Sumantyo, JTS. 2005. *Spesifikasi ASTER*. Pandhito Panji Foundation-Remote Sensing Research Center. Bandung
- Wijanarto. AB. 2003. *Kajian Geografis Wilayah Pesisir dan Lautan Pulau Bahubulu dan Sekitar*. Bakosurtanal. Cibinong
- Wubet, MT. 2003. *Estimation of Absolute Surface Temperature by Satellite*. International Institute for Geo-Information and Earth Observation. Enschede. Netherlands