

**STUDI VARIABILITAS SPASIAL DAN TEMPORAL TEMPERATUR
PERMUKAAN LAUT BERDASARKAN ANALISIS CITRA TERMAL SATELIT
LANDSAT-8 DI PERAIRAN PLTU SUMURADEM INDRAMAYU JAWA
BARAT**

Yusuf Jati Wijaya, Muh. Yusuf, Muhammad Helmi

Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H, Tembalang Semarang. 50275 Telp/fax (024)7474698
Email : muh_yusuf_undip@yahoo.co.id; helmi@waindo.com

Abstrak

Pembangunan PLTU di wilayah pesisir akan mengakibatkan peningkatan temperatur permukaan laut cukup signifikan. Peningkatan temperatur permukaan laut tersebut disebabkan oleh air pendingin yang dibuang ke badan air melalui kanal pembuangan, buangan itu disebut air bahang. Terpilihnya perairan komplek PLTU Sumuradem sebagai daerah kajian, karena PLTU Sumuradem merupakan pembangkit listrik yang baru beroperasi selama 3 tahun. Tujuan penelitian ini adalah memetakan temperatur permukaan laut akibat air bahang secara horizontal di perairan PLTU Sumuradem, Indramayu. Penelitian temperatur permukaan laut menggunakan citra satelit Landsat-8 kanal 11 yang mempunyai kanal inframerah termal, berfungsi dalam mengukur dan memetakan panas. Pengolahan saluran termal Landsat-8 melalui analisa kuantitatif yang meliputi konversi nilai digital menjadi nilai radian dan konversi nilai radian menjadi temperatur. Kenaikan temperatur permukaan laut perairan kompleks Sumuradem Indramayu akibat air bahang dari yang terendah 31°C hingga temperatur tertinggi 36°C yang berada di mulut kanal outlet PLTU.

Kata Kunci : *Temperatur permukaan laut, Landsat-8, Air Bahang, PLTU Sumuradem Indramayu*

Abstract

Development of PLTU in the seashore area will affect to significant increase of high level temperature. This increasing temperature is caused by cooling water that is being thrown away to the body of water system, using 'disposal canal', called air bahang in local term. The water area of PLTU of Sumuradem has been chosen as the location target of research due to its function as power generator for the past three years operation. The conducted research has been done to fulfill main purpose; mapping the temperature of sea surface as the post-effect of thrown away cooling water or air bahang. This field research of sea surface temperature utilized Satellite Thermal Landsat-8 canal 11 of which is equipped by infrared thermal canal. Its function is specifically to measuring and mapping the heat. Process of utilizing thermal vessel of Landsat-8 by using quantitative analysis that includes digital value conversion to become radiant value; radiant value conversion has transformed radiant value to be temperature. the elevation of sea surface temperature within water area in Steam Power Plan Sumuradem, Indramayu, as the effect of cooling water or air bahang, from the lowest temperature of 31°C until the highest temperature of 36°C (both are measured in the doorway of outlet canal of PLTU).

Keywords : *Sea surface temperature, Landsat-8, Cooling Water or Air Bahang, PLTU in Sumuradem, Indramayu*

1. Pendahuluan

Indonesia negara dengan kawasan pesisir yang sangat luas, garis pantainya sendiri mencapai 81.000 km. Laju pemanfaatan pesisir dalam hal sumberdaya ekonomi maupun pemanfaatan ruang pesisir Indonesia meningkat dari tahun ke tahun, hal ini disebabkan oleh kemudahan akses terhadap kawasan pesisir (Helmi *et al.*, 2013). Kondisi ini secara langsung maupun tidak langsung akan merubah kondisi perairan pesisir yang berujung pada penurunan kualitas perairan. Salah satu faktor penentu kualitas perairan adalah temperatur. Temperatur merupakan faktor penentu dalam daur kehidupan organisme laut. Temperatur juga merupakan salah satu faktor lingkungan utama dalam perkembangan hewan tropis (Hardy, 1979 dalam Susiati, 2010). Kenaikan temperatur dapat merubah proses kimia suatu perairan, dan diketahui bahwa proses hayati organisme banyak yang bersifat kimiawi (Kastoro, 1977). Temperatur permukaan laut dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima dan faktor lain seperti curah hujan dan keadaan awan (Hastenrath, 1988). Dari waktu ke waktu temperatur permukaan laut mengalami variasi sesuai kondisi alam yang mempengaruhi perairan. Waktu tersebut bisa dalam harian, musiman maupun tahunan (King, 1963).

Salah satu kegiatan pemanfaatan pesisir adalah dibangunnya Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pembangunan PLTU di beberapa wilayah pesisir ini disebabkan tingginya kebutuhan listrik di Indonesia. Pembangkit listrik seperti PLTU selain memasok listrik juga menghasilkan limbah bahang yang dibuang ke badan air. Hal ini akan memberi pengaruh kepada organisme yang hidup di sekitar badan air (Trihadiningrum *et al.*, 1998 dalam Huboyo dan Zaman., 2007). Limbah bahang ini kemudian akan terbawa oleh arus pasang surut dan akan terperangkap pada jarak tertentu di suatu perairan, memungkinkan terjadinya gangguan pada daya guna perairan dan berakibat terhadap menurunnya kualitas perairan disebabkan oleh adanya proses pencampuran temperatur (Akmal, 1984).

Penggunaan teknologi penginderaan jauh karena memiliki keunggulan untuk menghasilkan data dari analisis sebuah citra dalam lingkup yang luas secara temporal dalam waktu yang lebih singkat. Beberapa contoh aplikasi penginderaan jauh adalah mengamati perubahan garis pantai, batimetri dan sebaran temperatur permukaan (Helmi *et al.*, 2011). Tujuan penelitian ini adalah memetakan temperatur permukaan laut akibat air bahang secara horizontal di perairan PLTU Sumuradem, Indramayu.

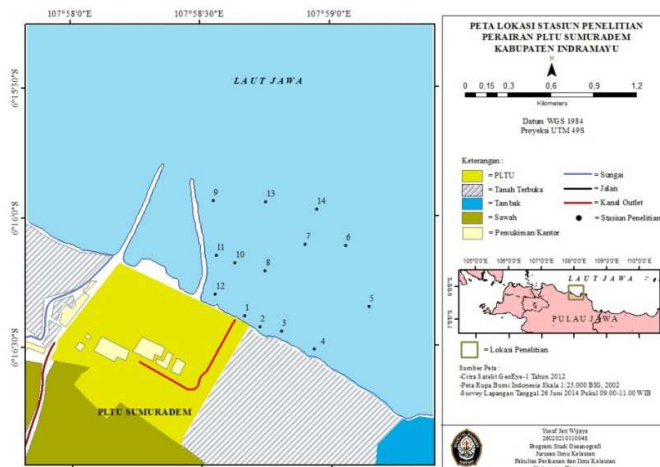
2. Materi dan Metode Penelitian

A. Materi Penelitian

Penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari temperatur permukaan laut dan citra satelit Landsat-8. Data insitu temperatur diperoleh dari pengukuran di lapangan yang akan digunakan untuk verifikasi data hasil analisa citra satelit. Citra Satelit yang diunduh berada di posisi Path Row P121 dan R64, yang merupakan wilayah utara Provinsi Jawa Barat. Citra satelit yang didapatkan tersebut lebih difokuskan ke objek yaitu di perairan Sumuradem, Indramayu.

Data sekunder yang digunakan sebagai data pendukung adalah citra satelit GeoEye-1, data arus dan curah hujan didapat dari BMKG Pusat Kemayoran, data pasang surut didapat dari Dishidros dan Indeks Osilasi Selatan dari <http://www.bom.gov.au/>.

Pengambilan data dilakukan pada 26 Juni 2014. Lingkup daerah penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

B. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam pengambilan data lapangan yaitu metode purposive sampling, sedangkan metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif. Metode deskriptif adalah metode penelitian untuk membuat gambaran mengenai situasi atau kejadian yang diteliti atau dikaji pada waktu terbatas dan wilayah tertentu untuk mendapatkan gambaran situasi dan kondisi secara lokal. Metode purposive sampling adalah menentukan pengambilan sampel dengan pertimbangan tertentu, pertimbangan tersebut berupa hasil pengolahan citra.

Tahap Pengolahan Data Citra

Pemrosesan citra satelit Landsat-8 menggunakan metode klasifikasi terawasi dilakukan untuk mendapatkan gambaran sebaran temperatur permukaan laut. Kanal yang dipakai untuk memperoleh nilai termal adalah saluran 10 dan saluran 11 citra satelit Landsat-8, yaitu merupakan kanal inframerah termal yang masing-masing memiliki panjang gelombang 10,3-11,3µm dan 11,5-12,5µm.

Data temperatur permukaan dianalisis secara digital dan visual. Analisis Digital dilakukan pada citra satelit Landsat dan secara visual dilakukan terhadap pola distribusi temperatur permukaan laut yang dibuat dalam bentuk peta.

Data citra satelit Landsat-8, penampakan permukaan laut berupa gambar yang menampilkan temperatur permukaan laut secara jelas dengan pemberian urutan warna (*pallette*). Hasil output berupa perpaduan sebaran temperatur yang tiap warnanya mewakili sebuah nilai.

Temperatur permukaan dari data citra satelit Landsat-8, di analisa sebaran temperaturnya dibandingkan dengan data oseanografi dengan musim yang sama atau sesuai dengan citra.

-Import Data

Data satelit LANDSAT-8 yang masih berupa *file rar*. Harus diolah menjadi data yang lebih informatif sehingga bisa diinterpretasi cukup mudah. Pengolahan data yang pertama dilakukan adalah merubah data yang masih berupa *rar*. menjadi bentuk Tiff. Kemudian diolah dengan *software* Er-Mapper 7.1.

-Koreksi Radiometri dan Geometri

Untuk memperbaiki kontras tiap piksel dari data citra satelit supaya sesuai dengan yang seharusnya dengan mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer. Koreksi radiometri dilakukan agar objek yang terekam menjadi mudah diinterpretasi untuk memperoleh informasi yang benar dan tepat dengan keadaan lapangan, sedangkan koreksi geometri dilakukan agar posisi citra ditempatkan sesuai dengan koordinat objek di permukaan bumi, yang disebabkan oleh efek rotasi bumi, pergerakan satelit dan lengkung permukaan bumi. Bisa disebut untuk menghilangkan pengaruh distorsi, sehingga kualitas citra menjadi meningkat dan dapat digunakan lebih lanjut (Helmi *et al.*, 2012)

-Pembatasan Wilayah Penelitian

Citra Satelit yang diunduh berada di posisi *Path Row* P121 dan R64, yang merupakan wilayah utara Provinsi Jawa Barat. Citra satelit yang didapatkan tersebut lebih difokuskan ke objek yaitu di perairan Sumuradem, Indramayu. Selanjutnya dijadikan batas area wilayah penelitian, agar lebih efektif dalam melakukan pengamatan.

-Analisis Kuantitatif Citra LANDSAT Termal

Analisa data kuantitatif adalah pengolahan data dengan menggunakan rumus matematik, hal ini ditujukan agar data awal dapat dikonversi menjadi satuan yang kita inginkan sehingga mudah untuk diinterpretasi ke depannya. Tahapannya dibagi menjadi sebagai berikut :

a. Transformasi Nilai Pancaran Spektral Menjadi nilai Radian

Rumus untuk mengkonversi nilai pancaran spektral menjadi nilai radian adalah (Ghulam, 2010) :

$$CV_R = G(CV_{DN}) + B \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- CV_R = Nilai radian spektral yang diterima oleh sensor untuk piksel yang dianalisis
- G = Gain (0,00034)
- CV_{DN} = Nilai digital number yang dimiliki band x
- B = Bias/ offset (0,1)

b. Transformasi Nilai Radian menjadi Temperatur Permukaan Laut

Transformasi nilai radian menjadi temperatur permukaan laut menggunakan persamaan berikut (Ghulam, 2010) :

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda}\right) + 1} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

T = Temperatur dalam kelvin

K_2 = Konstanta kalibrasi 2 (1201,14)

K_1 = Konstanta kalibrasi 1 (480,89)

L_{λ} = Radiasi spektral dalam satuan waktu/(meter².ster.μm)

c. Transformasi Satuan Temperatur Permukaan Laut (Kelvin) ke Celcius

Transformasi temperatur permukaan kelvin ke celcius menggunakan persamaan sebagai berikut (Muhsoni *et al.*, 2009) :

$$SST (^{\circ}C) = SST (K) - 273 \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

$SST (^{\circ}C)$ = Sea Surface Temperature dalam satuan derajat Celcius

$SST (K)$ = Sea Surface Temperature dalam satuan Kelvin

Untuk kegiatan analisis, data tersebut diolah lebih lanjut untuk didapatkan output berupa grafik atau peta yang berisi perubahan-perubahan oseanografi yang mempengaruhi sebaran temperatur permukaan laut sehingga dapat diamati.

Tahap Pengolahan dan Analisis Data Hidrooseanografi

Data Oseanografi yaitu temperatur, arus dan pasang surut, di perairan sekitar PLTU Indramayu, Jawa Barat. Data yang diperoleh dapat dibaca langsung melalui perangkat lunak masing-masing, sehingga pengolahannya dapat dilakukan dengan mudah.

-Arus Permukaan Laut

Data arus permukaan laut diperoleh dari BMKG Pusat Kemayoran, data ini berupa peta dan tabel kecepatan dan arah arus di waktu penelitian. Data arus ini digunakan untuk mengetahui sebaran temperatur permukaan laut dipengaruhi oleh pergerakan arus atau tidak.

-Curah Hujan

Data curah hujan didapat dari BMKG Pusat, data ini berupa intensitas curah hujan selama tahun 2013. Data curah hujan digunakan untuk mengetahui pengaruh cuaca saat penelitian. Output dalam bentuk grafik, sebagai perbandingan curah hujan khususnya di bulan waktu pengamatan.

-Indeks Osilasi Selatan

Data Indeks Osilasi Selatan didapat dari situs <http://www.bom.gov.au>. Data yang didapat merupakan Indeks Osilasi Selatan setiap bulan selama 2013 hingga awal 2014. Pengolahan data dalam bentuk grafik untuk melihat Indeks Osilasi Selatan yang terjadi tiap 1 bulan.

Tahap Verifikasi

Verifikasi data temperatur citra LANDSAT-8 dengan data temperatur hasil pengukuran langsung di lapangan, dilakukan dengan cara membandingkan nilai temperatur pada stasiun-stasiun yang telah ditentukan dengan data temperatur hasil klasifikasi citra saluran termal LANDSAT-8 pada koordinat yang sama (Helmi *et al.*, 2013).

Teknik pengambilan sampel adalah purposive, yaitu mempertimbangkan pola sebaran temperatur permukaan laut pada citra saluran termal. Dari citra tersebut ditentukan titik-titik stasiun yang menginterpretasikan tiap-tiap derajat temperatur permukaan laut.

Hasil pengukuran data lapangan kemudian digunakan untuk verifikasi data citra saluran termal. Verifikasi dilakukan untuk membandingkan data lapangan dan data hasil pengolahan citra saluran Termal.

Menurut Bambang Triatmodjo (1999) besar kesalahan dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

1. Kesalahan Relatif

$$RE = \left\| \frac{P-P^*}{P} \right\| \dots\dots\dots (8)$$

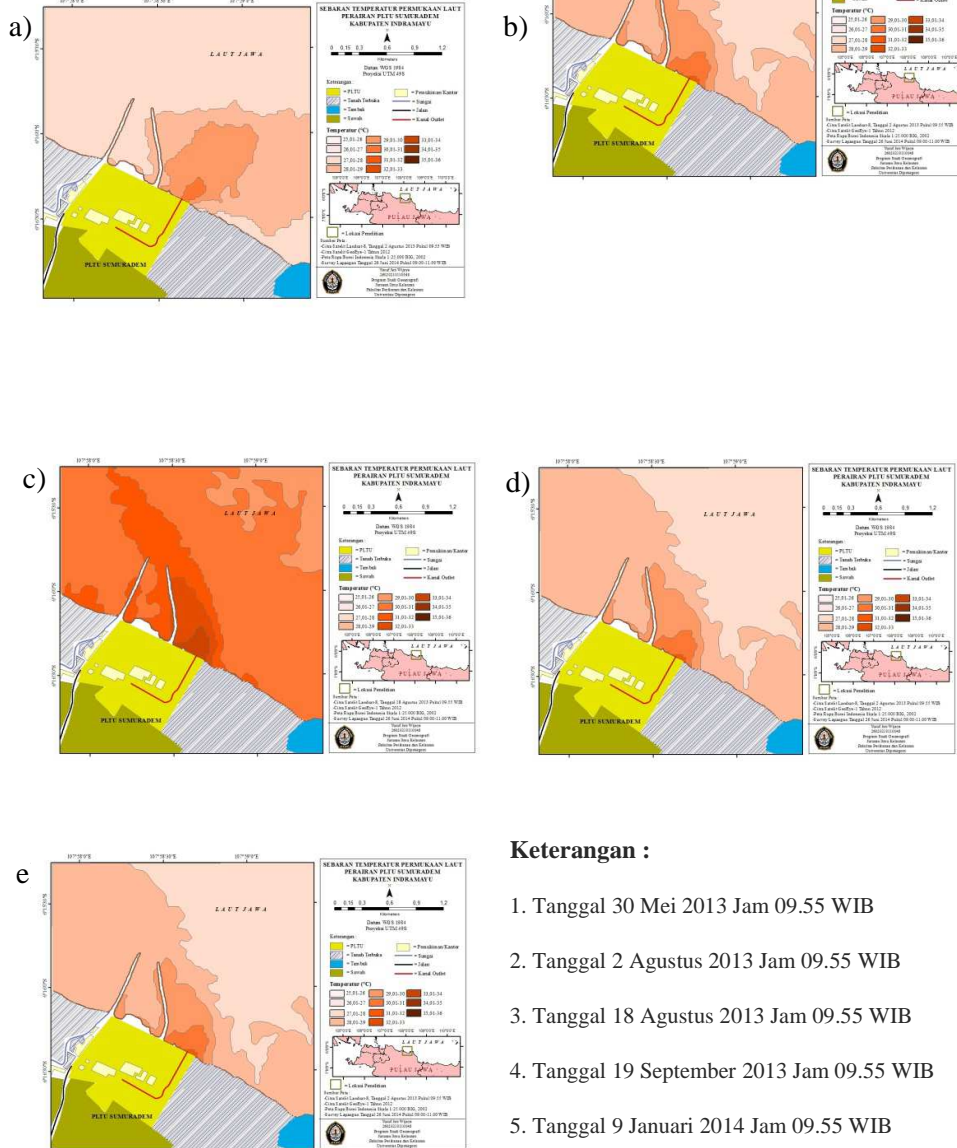
2. Kesalahan Relatif Rata-rata

$$MRE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left\| \frac{P-P^*}{P} \right\| - 100\% \dots\dots\dots (9)$$

Dimana n, p dan p* masing-masing merupakan jumlah data, data lapangan dan data hasil pengerjaan model. Nilai MRE masih dapat diterima jika masih dalam kisaran 15% (Short, 1982).

C. Hasil dan Pembahasan

Peta Sebaran Temperatur Permukaan I



Keterangan :

1. Tanggal 30 Mei 2013 Jam 09.55 WIB
2. Tanggal 2 Agustus 2013 Jam 09.55 WIB
3. Tanggal 18 Agustus 2013 Jam 09.55 WIB
4. Tanggal 19 September 2013 Jam 09.55 WIB
5. Tanggal 9 Januari 2014 Jam 09.55 WIB

Uji Verifikasi

Nilai MRE (kesalahan relatif rata-rata) dari citra tanggal 2 dan 18 Agustus 2013 didapatkan MRE 7,54% dan 1,89%. Dari kedua citra tersebut didapatkan nilai MRE dibawah 10%, bila nilai MRE di bawah 15% maka hasil pengolahan citra tersebut dapat digunakan. Hasil tersebut menyimpulkan bahwa algoritma yang sudah digunakan pada penelitian sebelumnya terbukti keakuratannya dan hasil dari pengolahan saluran termal citra satelit Landsat-8 dapat digunakan untuk analisis data selanjutnya.

Arus Permukaan

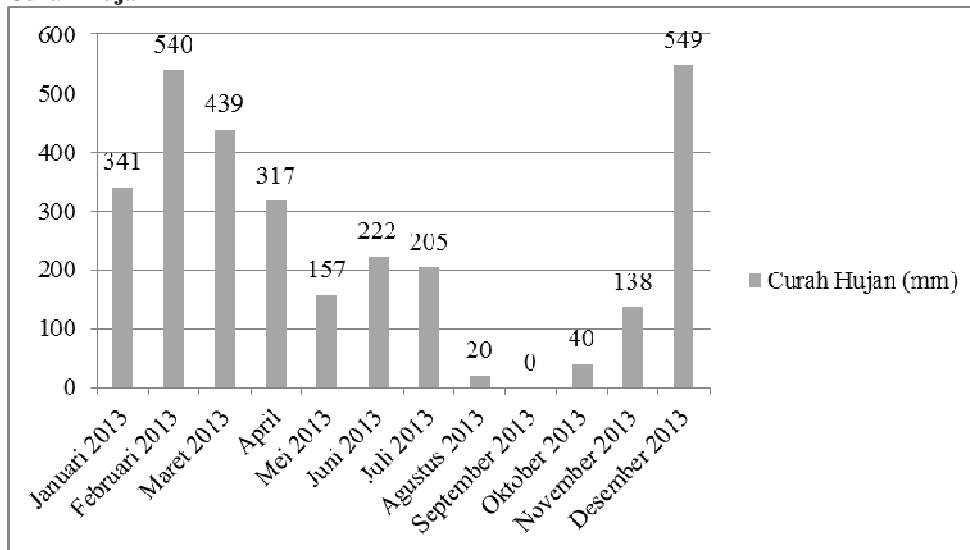
Tabel 1. Kecepatan dan Arah Arus Permukaan di Lokasi Penelitian

Bulan	Arus (Kecepatan m/det)	Arah (Tujuan)
Mei 2013	0,01-0,5	Timur Laut
Juli 2013	0,15-0,25	Barat Laut
September 2013	0,15-0,25	Barat-Barat Laut
Januari 2014	0,5-0,15	Tenggara-Timur

(Sumber : BMKG, 2014)

Data arus selanjutnya didapat dari BMKG berupa data kecepatan dan arah arus permukaan di lokasi penelitian, dengan akurasi yang sangat tinggi dan disajikan pada Tabel 1. Kecepatan arus permukaan di bulan Juli dan September sama, yaitu pada kisaran 0,15-0,25 m/det. Perbedaan terdapat pada arah arus permukaan, Bulan Juli arah arus bergerak ke barat, sedangkan bulan September arah arus bergerak ke barat dan barat laut. Terlihat jelas perbedaan pola arus permukaan pada bulan Mei, arus bergerak ke timur laut dengan kecepatan 0,01-0,5 m/det. Hampir sama dengan Bulan September 2013 dan Bulan Januari 2014 memiliki arus permukaan ke dua arah yaitu ke tenggara dan barat daya dengan kecepatan 0,5-0,15 m/det.

Curah Hujan

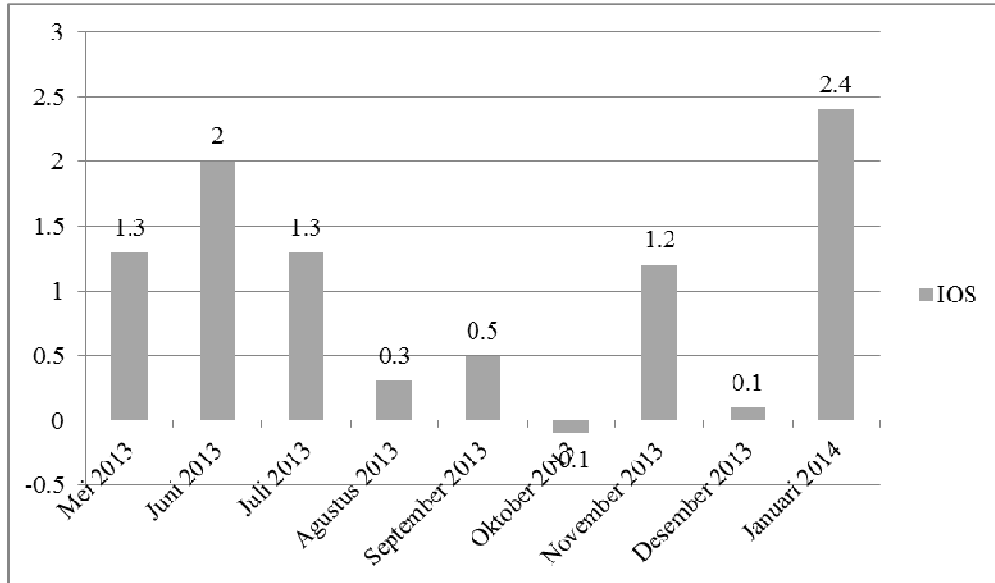


Gambar 6. Intensitas Curah Hujan Tahun 2013 (Sumber : BMKG, 2014).

Pola intensitas curah hujan terlihat pada pengamatan tahun 2013. Intensitas terendah terjadi pada Bulan September ditandai dengan tidak adanya curah hujan yang turun. Urutan ke dua dalam hal intensitas terendah terdapat pada waktu pengamatan bulan Agustus. Bulan Juli intensitas curah hujan cukup tinggi, sebesar 205 mm. Dari Bulan September yang semula tidak terjadinya hujan, mengalami peningkatan curah hujan di Bulan Oktober yaitu sebesar 40 mm. Pada waktu pengamatan Bulan Mei terlihat tinggi intensitas curah hujan sebesar 157 mm. Curah hujan tertinggi terdapat pada Bulan Januari-April. Bulan Januari mempunyai intensitas hujan sebesar 341 mm.

Indeks Osilasi Selatan (IOS)

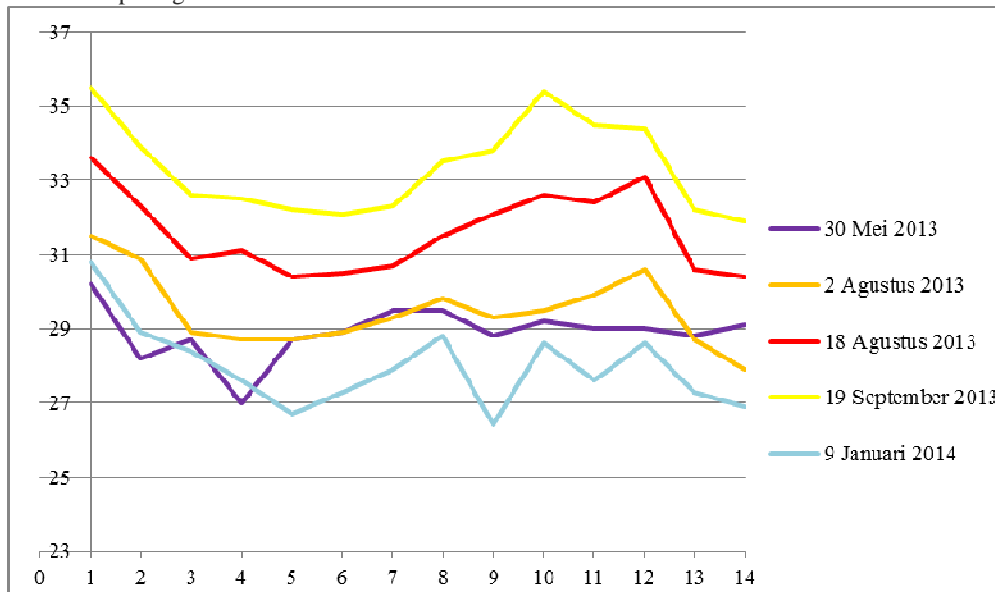
Southern Oscillation Indeks atau Indeks Osilasi Selatan (IOS) merupakan parameter yang mengindikasikan adanya La Nina maupun El Nino. Nilai IOS positif menunjukkan pergerakan temperatur permukaan laut dingin di Indonesia, dan nilai negatif adanya pergerakan temperatur permukaan laut hangat. Indeks Osilasi Selatan dari Mei 2013-Januari 2014 disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Indeks Osilasi Selatan Mei 2013-Januari 2014.

Perbandingan Temperatur Permukaan Laut pada Tiap Musim.

Gambar 8 menunjukkan grafik perbandingan temperatur permukaan laut di tiap titik yang telah ditentukan pada gambar 1.



Gambar 8. Variabilitas Temporal Temperatur Permukaan Laut.

Grafik tersebut memperlihatkan bahwa tanggal 19 September 2013 yang masuk ke dalam musim peralihan II yaitu merupakan musim dengan temperatur permukaan laut tertinggi, dengan dominan di semua titik. Hal ini terkait dengan tidak adanya curah hujan yang turun di bulan tersebut, serta nilai Indeks Osilasi Selatan dari bulan September ke Oktober mengalami penurunan nilai ke angka negatif. Penurunan nilai IOS ke arah negatif mengakibatkan pergerakan air hangat di perairan Indonesia.

Waktu pengamatan pada tanggal 18 Agustus 2013 atau kategori musim timur, menunjukkan temperatur permukaan laut tertinggi ke dua. Dominan di 14 titik, di bawah waktu pengamatan bulan September. Bulan Agustus curah hujan terhitung kecil dengan jumlah 20 mm dan nilai IOS juga menunjukkan nilai yang kecil yaitu 0,3. Walaupun terjadi peningkatan nilai IOS di bulan September sebesar 0,2.

Temperatur permukaan laut paling rendah didapat pada tanggal pengamatan 9 Januari 2014 yang masuk ke dalam bagian musim barat, dengan 12 titik memiliki temperatur terendah. Pola curah hujan tahun 2013 memperlihatkan bulan Januari memiliki curah hujan yang tinggi, yaitu sebesar 341 mm. Pola

curah hujan tersebut diyakini jumlahnya tidak akan berbeda jauh pada tahun 2014. Tingginya curah hujan tersebut mengakibatkan temperatur permukaan laut makin rendah, ditambah dengan nilai IOS pada Januari 2014 yang mencapai 2,4 (tertinggi dari bulan Mei 2013-Januari 2014). Tingginya nilai IOS tersebut berdampak pada pergerakan air dingin yang dominan terjadi di perairan Indonesia.

Pada musim peralihan I, yaitu tanggal 30 Mei 2013 didapatkan temperatur permukaan laut yang dominan lebih tinggi dibandingkan pada musim barat. Hal ini disebabkan oleh lebih tingginya curah hujan pada Bulan Januari daripada Bulan Mei, mengakibatkan intensitas cahaya yang diterima berbeda dan lebih banyak pada saat curah hujan lebih kecil. Pergerakan air dingin juga terlihat lebih besar di saat Bulan Januari, terlihat dengan nilai IOS 2,4 atau paling besar dibanding bulan pengamatannya.

Sebaran Temperatur Permukaan Laut Akibat Air Bahang.

Air bahang yang keluar dari mulut kanal outlet tentu memiliki temperatur yang paling tinggi, kemudian akan menyebar ke berbagai bagian perairan. Sebaran tersebut diamati kemana arah pergerakannya. Sebaran temperatur permukaan laut akan berkaitan dengan arus permukaan laut yang terjadi di perairan Sumuradem, Indramayu. Data arus yang didapat dari BMKG Tabel 1 dijadikan acuan.

Pergerakan air bahang pada musim peralihan I (30 Mei 2013) bergerak ke arah Timur dan Timur Laut. Dimulai dengan luasan air bahang dengan nilai 30,01-31°C sebesar 3,76 ha dan diikuti dengan luasan bahang 60,5 ha dengan nilai 29,01-30°C, semuanya bergerak ke arah timur laut. Luasan bahang dengan kisaran temperatur 28,01-29°C pergerakannya lebih dominan ke arah timur mengikuti pergerakan arus permukaan yang terjadi. Kecepatan arus permukaan bernilai 0,01-0,05 m/det mampu membawa efek air bahang terhadap perairan sejauh 1,6 km ke arah timur dan luasan perairan yang terkena efek air bahang adalah 193,2 ha.

Pergerakan air bahang pada musim timur (18 Agustus 2013) diawali dengan pergerakan temperatur sebesar 33,01-34°C seluas 7,22 ha serong ke barat laut. Diikuti dengan pergerakan temperatur air bahang 32,01-33°C dan 31,01-32°C seluas 107,2 ha ke arah barat laut. Arah dan kecepatan arus permukaan memperlihatkan pergerakan air bahang pada bulan Agustus mengikuti pergerakan arus pada bulan Juli yang masuk kategori musim timur ke arah barat laut, dengan kecepatan 0,15-0,25 m/det. Pada musim timur air bahang yang keluar dari mulut outlet masih mempengaruhi perairan ke arah barat laut sejauh 2,25 km dan luasan perairan yang terkena efek air bahang adalah 119 ha.

Pada tanggal pengamatan 19 September 2013 yang mewakili musim peralihan II, semua air bahang terlihat kompak bergerak ke arah barat laut. Pada air bahang dengan temperatur 33,01-34°C memiliki tambahan arah ke barat sejajar garis pantai. Semua pergerakan air bahang sesuai dengan arus yang terjadi pada bulan September yaitu ke arah barat dan barat laut. Kecepatan arus 0,15-0,25 m/det membuat efek sebaran air bahang pada musim peralihan I sejauh 1,45 km ke arah barat laut dan 1,4 km ke arah barat perairan dan luasan perairan yang terkena efek air bahang adalah 68,4 ha.

Pada musim barat (9 Januari 2014) memperlihatkan arah sebaran bahang ke arah timur laut dan tenggara. Air bahang dengan temperatur 27,01-28°C memperlihatkan arah dominan ke tenggara, sedangkan bahang dengan temperatur lainnya mengarah ke timur laut. Pergerakan air bahang pada bulan Januari memperlihatkan kesamaan dengan datangnya arus permukaan ke arah tenggara dengan kecepatan arus berkisar 0,5-0,15 m/det, namun ada pergerakan air bahang yang bergerak tidak searah arus yang terjadi yaitu ke arah timur laut. Pada musim barat efek air bahang terhadap perairan sejauh 1,5 km ke arah tenggara dan 1,1 km ke arah timur laut dan luasan perairan yang terkena efek air bahang adalah 117,6 ha.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa temperatur permukaan tertinggi adalah 36°C terjadi pada musim peralihan II, sedangkan untuk temperatur permukaan laut terendah adalah 25,01°C pada musim barat. Efek air bahang terjauh terdapat pada musim timur hingga jarak 2,25 km ke arah barat laut. Kenaikan temperatur permukaan laut berkisar antara 3-5°C, dengan peningkatan terbesar pada musim barat.

Daftar Pustaka

- Akmal, F. 1984. Masalah Mutu Air Pendingin PLTU Muara Karang. Diskusi Ilmiah tentang Masalah Limbah Air Panas PLTU, 17 Januari 1984. Pusat Penyelidikan Masalah Kelestarian 7 hal.
- Ghulam, A. 2010. Calculating Surface Temperature Using Landsat Thermal Imagery. Department of Earth & Atmospheric Sciences, and Center for Environmental Sciences. Saint Louis University.
- Hastenrath, S. 1988. Climate and Circulation of The Tropic. D. Reidel Publishing Company. New York.

- Helmi, M., Adiasti R.H. dan Bandi S. 2012. Analisa Spasial Dinamika Morfometri Waduk Menggunakan Data Satelit Multi Temporal di Waduk Rawa Pening Provinsi Jawa Tengah. Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Helmi, Muhammad, Agus Anugroho D.S. dan Ivan F. 2012. Kajian Kerentanan Pantai di Pesisir Kabupaten Cilacap Jawa Tengah. *Jurnal of Oceanography* Vol 1, No. 2 : 139-148.
- Helmi, Muhammad, Amaliana Y. dan Lilik M. 2013. Studi Variabilitas Suhu Permukaan Laut Berdasarkan Citra Satelit Aqua MODIS Tahun 2007-2011 di Perairan Selat Bali. *Jurnal Oseanografi* Vol. 2, No. 4 : 416-421.
- Helmi, Muhammad, Denny N.S. dan Benny T.S. 2013. Kajian Pola Arus Akibat Perencanaan Reklamasi Pantai Di Perairan Makassar. *Jurnal Oseanografi* Vol. 2, No. 1 : 98-110
- Huboyo, H.S. dan Zaman, B. 2007. Analisis Sebaran Temperatur dan Salinitas Air Limbah PLTU_PLTGU Berdasarkan Sistem Pemetaan Spasial (Studi Kasus: PLTU PLTGU Tambak Lorok Semarang), Program Studi Teknik Lingkungan FT. UNDIP, Semarang.
- Kastoro. 1977. Hasil-Hasil Pengamatan Hidrologi di Perairan Sekitar Pulau Lancang dalam: Teluk Jakarta, Sumberdaya, Sifat-Sifat Oseanologi serta Permasalahannya. LON - LIPI: 179-196.
- King, C. A. M. 1963. *An Introduction to Oceanography*. Mcgraw Book Company Inc. New York.
- Muhsoni, F.F, Mahmud E. Dan Haryo T. 2009. Concentration Estimate Algorithm Model Klorofil-A Based on Satellite Image Data Landsat TM for Location Mapping Fishing Ground at Madura. Trunojoyo, Madura.
- Short, M. 1982. *The Landsat Tutorial Workbook*. Scientific and Technical Information Branch. Washington.
- Susiati, H. 2010. Evaluasi Sebaran Thermal di Perairan Semenanjung Muria dalam Rencana Pembangunan PLTN. BATAN, Jakarta.
- Triatmodjo, B. 1996. *Metode Numerik*. Yogyakarta: Beta Offset