

KAJIAN SPASIAL SUHU PERMUKAAN LAUT AKIBAT AIR BAHANG PLTU PAITON MENGGUNAKAN SALURAN TERMAL SATELIT LANDSAT 7/ETM+ DI PANTAI BHINOR KABUPATEN PROBOLINGGO JAWA TIMUR

Qorihah Ismayati, Muhammad Helmi, Baskoro Rochaddi^{*}

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/Fax (024) 7474698
Email: helmi@waindo.com; rochaddi@ymail.com

Abstrak

Penelitian bertujuan untuk memetakan secara horisontal suhu permukaan laut di perairan PLTU Paiton Probolinggo dan mengkaji sebaran spasial termal perairan akibat air bahang PLTU Paiton Probolinggo. Pengolahan data citra dilakukan menggunakan perangkat lunak ER Mapper 7.0 dan ArcGIS 9.3. Data yang digunakan dalam penelitian adalah citra Satelit Landsat 7ETM+ tahun 2009 hingga tahun 2012, data arus permukaan dan angin yang diperoleh dari BMKG Maritim Perak Surabaya dan data hasil pengukuran lapangan bulan Februari 2012. Kenaikan suhu permukaan perairan kompleks PLTU Paiton Probolinggo akibat air bahang berkisar dari yang terendah 28 °C hingga suhu tertinggi 36 °C yang berada pada mulut saluran buangan PLTU. Luasan area perairan yang mengalami kenaikan suhu permukaan akibat air bahang bervariasi mulai dari 2,07 hingga mencapai 35,65 . Arah pergerakan air bahang dipengaruhi oleh arus yang dibangkitkan oleh sistem angin monsun.

Kata kunci: Suhu permukaan laut, Landsat 7ETM+, Air Bahang, Paiton Probolinggo

Abstract

The objection of this study is mapping horizontal sea surface temperature in the Probolinggo's Paiton Thermal Power Station and examine the spatial distribution of thermal waters due to warm water discharge from Probolinggo's Paiton Thermal Power Station. Processing image data is performed using ER Mapper7.0 and ArcGIS 9.3 software. The data used in this study are Landsat satellite imagery 7ETM+ 2009 through 2012, the data surface currents and winds derived from BMKG Maritim Perak, Surabaya. And field measurements data in February 2012 The results of the study are complex water surface temperature increase Probolinggo Paiton plant due to warm water ranged from a low of 28 ° C to the highest temperature of 36 ° C which is at the mouth of the plant effluent channel. The size of area waters surface temperature increases due to warm water varies from 2.07 up to 35.65 km². Direction of warm water movement is affected by the current generated by the monsoon wind system.

Keywords: Sea Surface Temperature, Landsat 7ETM+, Warm Water, Paiton Probolinggo

I. Pendahuluan

Menurut Nontji (1987), suhu permukaan laut di Indonesia berkisar antara 28°C-31°C. namun untuk di daerah sekitar pembuangan limbah industri atau pembangkit listrik dapat terjadi kenaikan suhu permukaan mencapai 37°C. Cairns (1972) mengemukakan kenaikan suhu perairan mempengaruhi berbagai sifat kimia dan fisika yang berhubungan dengan kualitas air (oksigen terlarut, CO₂, pH, densitas dan viskositas) serta kehidupan organisme perairan. Perubahan suhu perairan berpengaruh terhadap kelarutan oksigen dalam air, semakin tinggi suhu maka kelarutan oksigen dalam air semakin rendah sehingga kandungan oksigen terlarut akan kecil seperti yang dikemukakan oleh Sunarsih (1997).

Terpilihnya perairan pantai Bhinor sekitar PLTU Paiton Probolinggo yang terletak di pantai utara pulau Jawa sebagai daerah kajian, karena daerah ini merupakan pusat industri pembangkit listrik terbesar se-Jawa Bali. Pengoperasian PLTU membutuhkan air laut untuk mendinginkan kondensor. Air laut setelah digunakan sebagai pendingin mesin kondensor tersebut kemudian dialirkan kembali melalui kanal pembuangan yang dialirkan menuju perairan sekitar sehingga terdapat input panas karena air pendingin memiliki suhu yang lebih tinggi dari suhu perairan sekitar.

Penelitian ini menggunakan penginderaan jauh, karena sistem penginderaan jauh memiliki keunggulan kemampuannya menghasilkan data melalui analisis dari suatu citra meliputi daerah yang luas secara temporal dengan frekuensi pengamatan yang tinggi dalam waktu yang lebih singkat. Penginderaan jauh sistem termal dapat merekam wujud tak tampak oleh mata sehingga menjadi gambaran yang cukup jelas. Citra inframerah termal dapat digunakan pula untuk membedakan air panas dan air dingin. USGS (2000), menyebutkan satelit Landsat 7ETM+ memiliki keistimewaan lebih pintar dan mempunyai peralatan lebih efektif

untuk studi perubahan global, monitoring perkiraan lahan, serta dapat menghasilkan desain peta yang lebih besar dibandingkan desain terdahulu.

Sistem pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) Paiton memerlukan air pendingin untuk mendinginkan mesin kondensor. Akibatnya, terjadi kenaikan suhu permukaan laut hingga 35°C dimana suhu air laut sekitarnya berkisar antara 28,9-30,6°C berdasarkan hasil pengukuran lapangan oleh Departemen Lingkungan PT. PJB Unit 3 Paiton, pada tanggal 20 Mei 2011. Air di badan perairan yang mengalami kenaikan suhu akan mengganggu kehidupan ekosistem laut, karena kadar oksigen terlarut dalam air akan turun bersamaan dengan kenaikan suhu yang terjadi.

Penyebaran horisontal air bahang buangan PLTU dikaji dengan mengolah data citra saluran termal Landsat 7ETM+ yang kemudian disajikan dalam bentuk peta. Dengan dilakukannya pemetaan suhu permukaan laut maka akan mempermudah dalam menganalisis perbedaan tersebut dan mencoba menarik kesimpulan darinya.

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji sebaran spasial termal perairan pantai Bhinor akibat air bahang PLTU Paiton Probolinggo. Sehingga melalui kajian spasial suhu permukaan air laut menggunakan Satelit Landsat 7ETM+ ini, dapat diketahui jarak pengaruh dan dampak dari air bahang PLTU Paiton.

II. Materi dan Metode Penelitian

Materi yang digunakan pada penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari data arus, angin, pasang surut, suhu air bahang dan citra Landsat 7ETM+ dengan path 118 row 65. Data curah hujan dan arus diperoleh dari BMKG Maritim Perak Surabaya. Data Indeks Osilasi Selatan (IOS) diperoleh dari Badan Meteorologi Australia. Sedangkan untuk data pasang surut diperoleh dari peramalan perangkat lunak NAOTide. Data *in situ* suhu diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan. Data *in situ* suhu merupakan data perairan sekitar kompleks PLTU Paiton Probolinggo yang digunakan sebagai data pendukung untuk memverifikasi hasil analisa citra satelit

Metode yang digunakan dalam pengambilan data lapangan yakni menggunakan metode *purposive sampling*. Sedangkan metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif. Metode deskriptif merupakan metode penelitian untuk membuat gambaran mengenai situasi atau kejadian yang teliti atau dikaji pada waktu terbatas dan tempat tertentu untuk mendapatkan gambaran tentang situasi dan kondisi secara lokal

Pemrosesan citra satelit Landsat 7ETM+ menggunakan metode klasifikasi terawasi (*supervised classification*) dilakukan guna memperoleh informasi sebaran suhu permukaan laut. Kanal yang dipakai untuk memperoleh nilai suhu permukaan laut adalah kanal 6, yang merupakan kanal inframerah termal yang memiliki panjang gelombang 10,40-12,40 μm . Data suhu permukaan laut dianalisis secara digital dan visual. Analisis digital dilakukan pada citra satelit Landsat 7ETM+ dan secara visual dilakukan terhadap pola distribusi suhu permukaan laut yang dibuat dalam bentuk peta.

Data pasang surut di daerah penelitian didapatkan dari hasil pengolahan perangkat lunak NAOTide kemudian dilakukan analisis harmonik pasang surut dengan metode Admiralty. Dari pengolahan menggunakan metode ini akan didapat komponen pasang surut serta tipe pasang surut yang terjadi.

Data arus di daerah penelitian didapatkan dari data pengukuran BMKG Maritim Perak II Surabaya. Data arus yang diperoleh merupakan data pengukuran selama tiga tahun dimana pencatatannya dilakukan setiap jam. Data arus disajikan kedalam dua bentuk grafik. Grafik yang pertama adalah grafik kecepatan arus terhadap waktu. Grafik yang kedua berupa mawar arus yang diolah menggunakan *software currentrose*. Analisis untuk pemisahan arus total menjadi arus pasut dan arus residu dilakukan menggunakan perangkat lunak *WorldCurrent Analysis*.

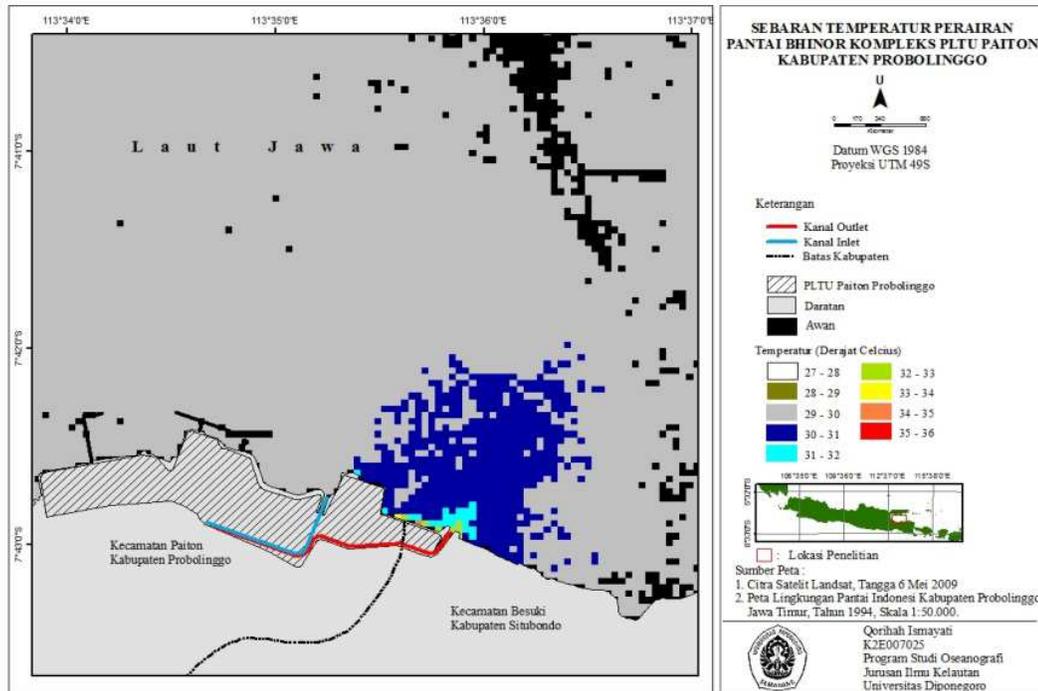
Data curah hujan diperoleh dari BMKG Maritim Perak, merupakan data intensitas curah hujan pada waktu penelitian. Data curah hujan digunakan untuk menjelaskan pengaruh cuaca pada waktu kejadian penelitian. Pengolahan data disajikan dalam bentuk grafik untuk membandingkan intensitas curah hujan pada tiap-tiap waktu kejadian penelitian.

Data Indeks Osilasi Selatan diperoleh dari Badan Meteorologi Australia (*Australian Government Bureau of Meteorology*) dengan mengakses situs <http://www.bom.gov.au>. Data yang diperoleh berupa Indeks Osilasi Selatan setiap bulan selama tahun 2008 hingga 2011. Pengolahan data disajikan dalam bentuk grafik untuk melihat tren Osilasi Selatan yang terjadi dalam setiap 5 bulan.

III. Hasil dan Pembahasan

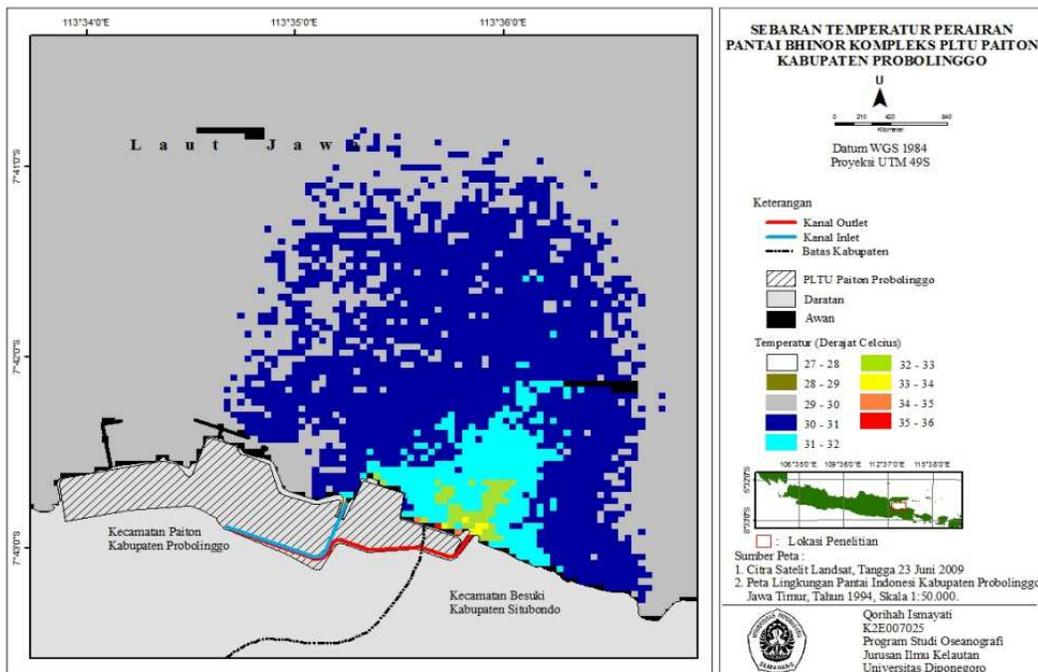
Komposisi dan Sebaran Suhu Permukaan Laut

Pada citra Landsat 7/ETM+ pada tanggal 6 Mei 2009 ini terlihat adanya penutupan awan di perairan PLTU Paiton yang ditandai dengan warna hitam pada gambar 4. Suhu air bahang pada outlet kanal bernilai 34 – 35°C, sedangkan suhu air bahang yang masuk ke perairan memiliki suhu tertinggi 31 – 32°C dengan luas area 0,57 ha dan jarak tegak lurus pantai sejauh 0,63 m. Air bahang dengan suhu 30 – 31°C memiliki luas area 195,84 ha dengan jarak tegak lurus pantai sejauh 1,70 km. Sedangkan jarak terjauh air bahang ke arah barat sejauh 0,99 km dan jarak terjauh ke arah timur kanal buangan sejauh 0,70 km. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Peta Sebaran Suhu Perairan Kompleks PLTU Paiton Tanggal 6 Mei 2009

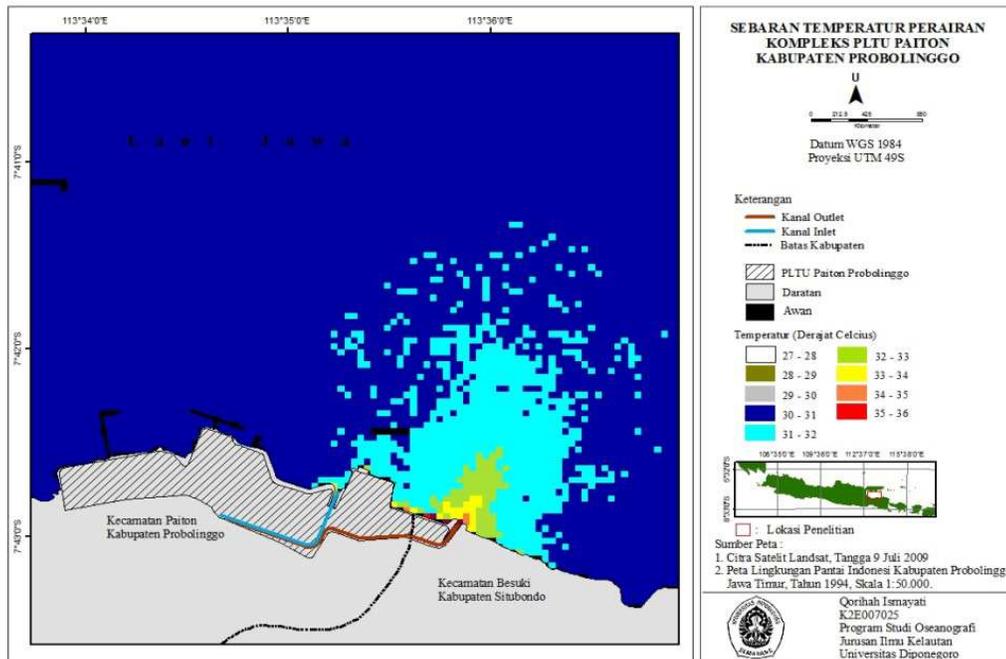
Pada citra Landsat 7ETM+ tanggal 23 Juni 2009 ini citra memiliki tutupan awan 0% atau kondisi atmosfer yang bersih. Suhu air bahang pada outlet kanal bernilai 35°C - 36°C, sedangkan suhu air bahang yang masuk ke perairan memiliki suhu tertinggi 33°C - 34°C. Air bahang dengan suhu 32°C - 33°C memiliki luas area 17.28 ha dan jarak tegak lurus pantai sejauh 0,16 km. Air bahang dengan suhu 31°C - 32°C memiliki luas area 138.24 ha dan jarak tegak lurus pantai sejauh 0,29 km. Air bahang dengan suhu 30°C - 31°C memiliki luas area 771.84 ha dan jarak tegak lurus pantai sejauh 0,61 km. Jarak terjauh dari barat outlet sejauh 2.51 km dan jarak ke timur terjauh dari outlet yakni sejauh 1.68 km. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Peta Sebaran Suhu Perairan Kompleks PLTU Paiton Tanggal 23 Juni 2009

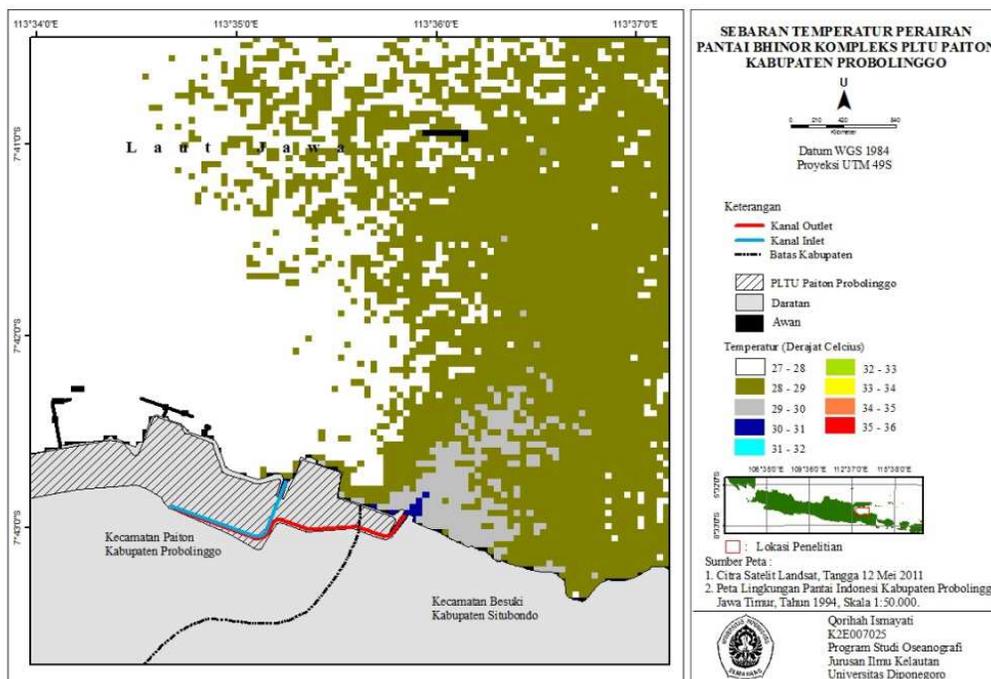
Pada citra Landsat 7ETM+ tanggal 9 Juli 2009 ini citra memiliki tutupan awan 0% atau kondisi atmosfer yang bersih sesuai yang terlihat pada gambar 8. Suhu air bahang pada outlet kanal bernilai 35°C - 36°C, sedangkan suhu air bahang yang masuk ke perairan memiliki suhu tertinggi 34°C - 35°C dengan luas area 5,76 ha dan jarak tegak lurus pantai sejauh 0,42 km. Air bahang

dengan suhu 33°C - 34°C memiliki luas area 5,76 ha dan jarak tegak lurus pantai sejauh 0,9 km. Air bahang dengan suhu 32°C - 33°C memiliki luas area 23,04 ha dan jarak tegak lurus pantai sejauh 0,25 km. Air bahang dengan suhu 31°C - 32°C memiliki luas area 270,72 ha dan jarak tegak lurus pantai sejauh 0,35 km. Jarak terjauh ke arah barat barat kanal buangan sejauh 1,19 km dan jarak terjauh ke arah timur dari kanal buangan sejauh 0,99 km. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.



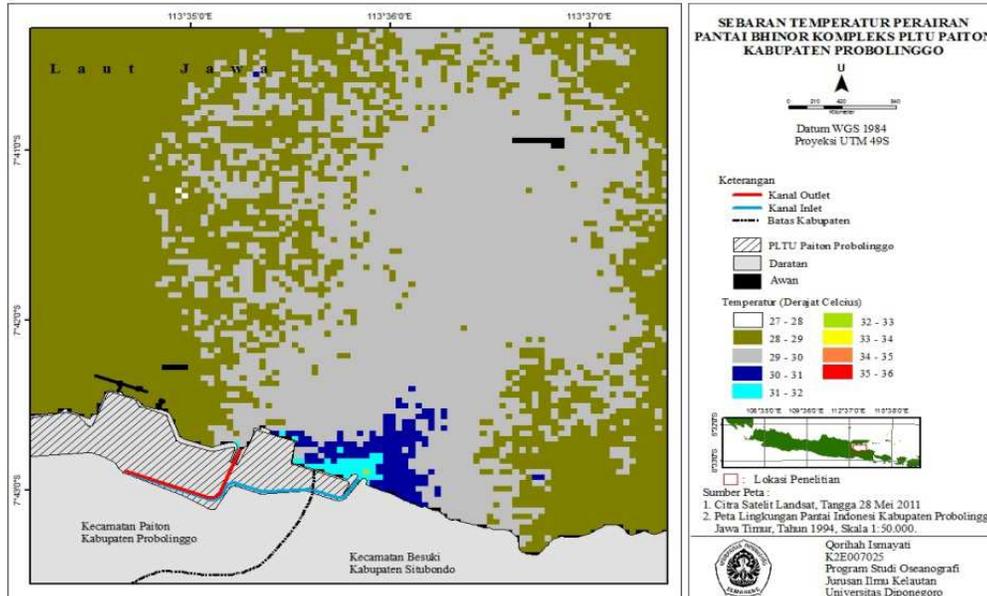
Gambar 3. Peta Sebaran Suhu Perairan Kompleks PLTU Paiton Tanggal 9 Juli 2009

Pada citra Landsat 7ETM+ tanggal 12 Mei 2011 ini citra memiliki tutupan awan 0% atau kondisi atmosfer yang bersih seperti yang terlihat pada gambar 10. Suhu air bahang pada outlet kanal bernilai 30°C - 31°C, sedangkan suhu air bahang yang masuk ke perairan memiliki suhu tertinggi 30°C - 31°C memiliki luas area 11,52 ha dan jarak tegak lurus pantai sejauh 0,29 km. Air bahang dengan suhu 29°C - 30°C memiliki luas area 92,16 ha dan jarak tegak lurus pantai sejauh 0,54 km. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Peta Sebaran Suhu Perairan Kompleks PLTU Paiton Tanggal 12 Mei 2011

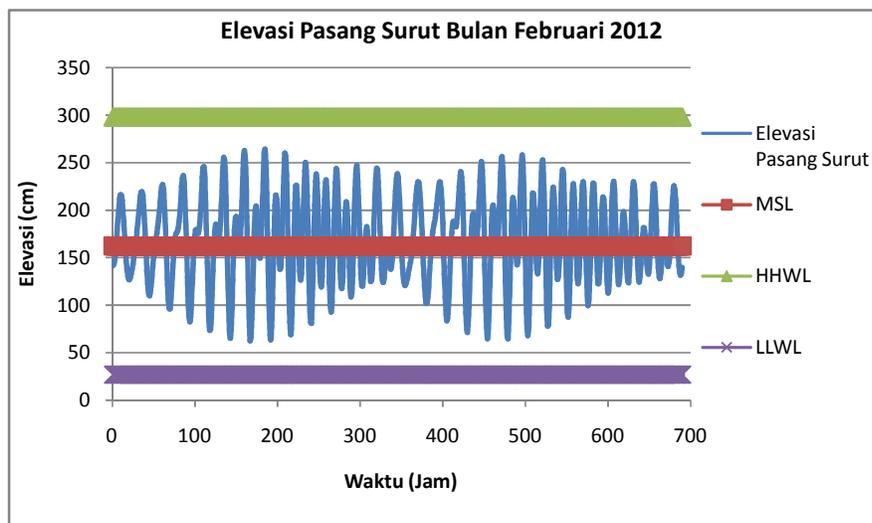
Pada citra Landsat 7ETM+ tanggal 28 Mei 2011 ini citra memiliki tutupan awan 0% atau kondisi atmosfer yang bersih seperti terlihat pada gambar 12. Suhu air bahang pada outlet kanal bernilai 33°C - 34°C, sedangkan suhu air bahang yang masuk ke perairan memiliki suhu tertinggi 31°C -32°C memiliki luas area 0,57 ha dan jarak tegak lurus pantai sejauh 0,89 km. Air bahang dengan suhu 30°C - 31°C memiliki luas area 51,84 ha dan jarak tegak lurus pantai sejauh 1,77 km. Air bahang dengan suhu 29°C - 30°C memiliki luas area 1520,60 ha dan jarak tegak lurus pantai sejauh 0,53 km.



Gambar 3. Peta Sebaran Suhu Perairan Kompleks PLTU Paiton Tanggal 9 Juli 2009

Pasang Surut

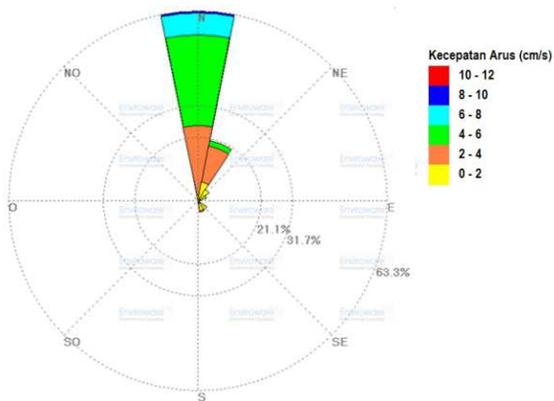
Dari pengolahan data pasang surut dapat diketahui bilangan *Formzahl* sebesar 0,81; *Mean Sea Level* (MSL) sebesar 162,50 cm, *Highest High Water Level* (HHWL) sebesar 298,18 cm dan *Lowest Low Water Level* (LLWL) sebesar 26,85 cm. Perhitungan bilangan *Formzahl* dari komponen pasang surut diketahui mempunyai nilai 0,81. Hal ini menunjukkan bahwa tipe pasang surut perairan kompleks PLTU Paiton merupakan tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*)



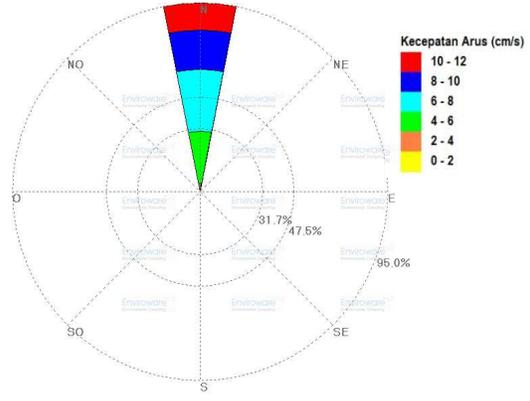
Gambar 6. Grafik Pasang Surut Bulan Februari 2012

Arus Laut

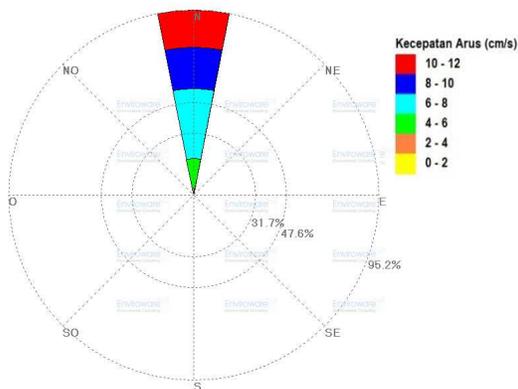
Hasil data arus yang diperoleh dari BMKG Maritim Perak Surabaya didapatkan data berupa arah dan besar dari arus laut di perairan Paiton Probolinggo. Data arus kemudian diolah sehingga didapatkan *current rose* (mawar arus).



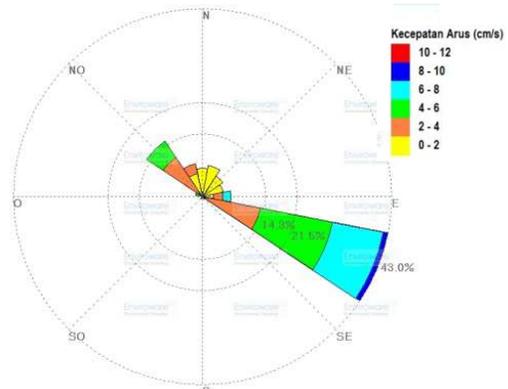
Gambar 7. Mawar Arus Periode Mei 2009



Gambar 8. Mawar Arus Periode Juni 2009

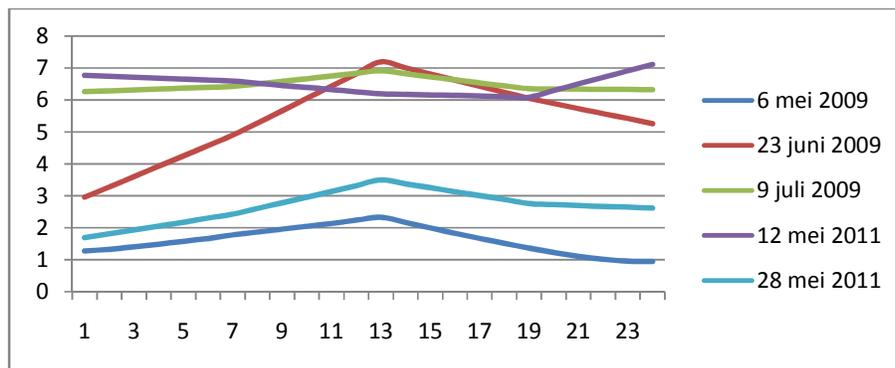


Gambar 9. Mawar Arus Periode Juli 2009



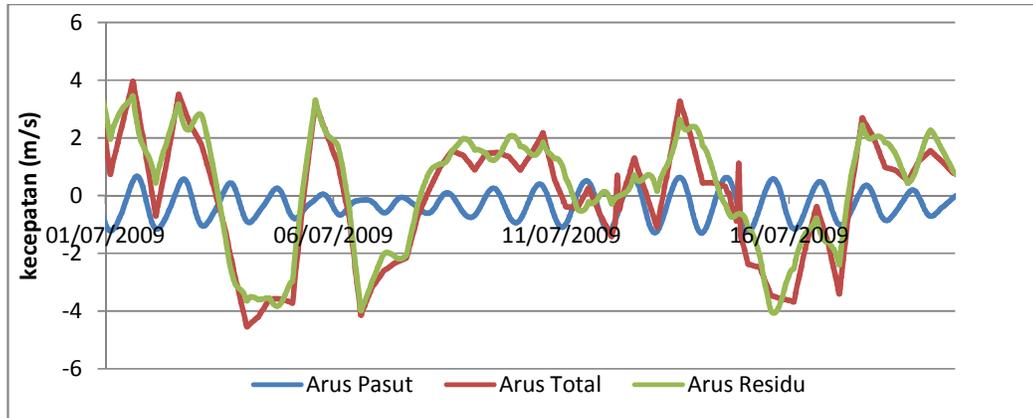
Gambar 10. Mawar Arus Periode Mei 2011

Arus memiliki kecepatan yang berubah setiap waktu. Pada Gambar 11 disajikan kecepatan arus pada tiap-tiap tanggal pengamatan yaitu, 6 Mei 2009, 23 Juni 2009, 9 Juli 2009, 12 Mei 2011 dan 28 Mei 2011.



Gambar 11. Kecepatan Arus Pada Tiap-Tiap Tanggal Pengamatan

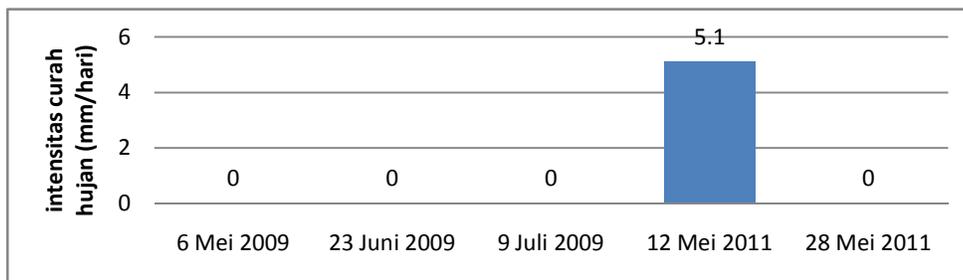
Hasil pemisahan komponen arus pasut dan arus residu disajikan dalam grafik Gambar 28. Pada Gambar 28, data arus yang diolah merupakan data arus bulan Juli 2009. Hasil grafik memperlihatkan dominansi arus residu terhadap arus pasut.



Gambar 12. Grafik Pemisahan Arus Total ke Dalam Arus Pasut dan Arus Residu

Curah Hujan

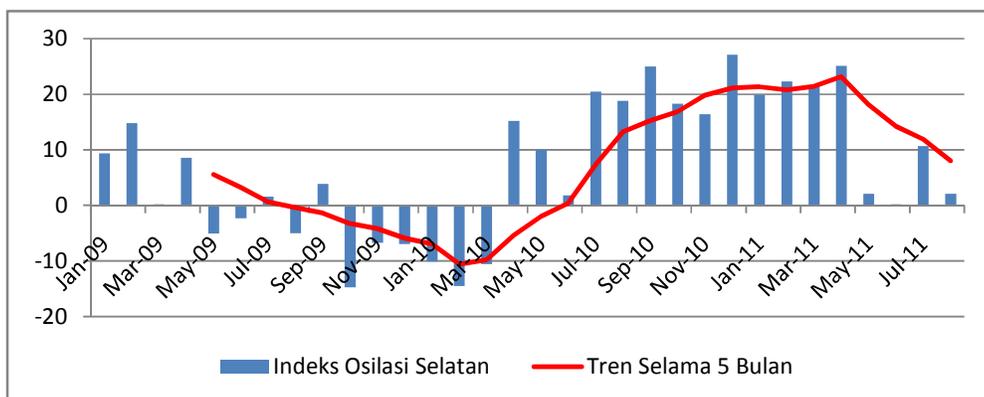
Pengolahan data curah hujan menunjukkan bahwa intensitas hujan tertinggi sebesar 5,10 mm terjadi pada tanggal 12 Mei 2011. Sedangkan pada tanggal 6 Mei 2009, 23 Juni 2009, 9 Juli 2009 dan 28 Mei 2011 tercatat tidak terjadi hujan



Gambar 12. Grafik Intensitas Curah Hujan

Indeks Osilasi Selatan

Indeks Osilasi Selatan (IOS) merupakan parameter yang digunakan untuk mendeteksi terjadinya El Nino maupun La Nina. IOS pada tahun 2009 menunjukkan fase menurun cepat dan fase konstan negatif, dimana IOS berkisar antara -2,30 hingga -14,7. Tren Indeks Osilasi Selatan pada tahun 2011 menunjukkan fase konstan positif, dimana IOS berkisar antara 0,20 hingga 22,30.



Gambar 13. Grafik Indeks Osilasi Selatan Tahun 2009-2011

Suhu permukaan laut perairan pantai Bhinor kompleks PLTU Paiton akibat air bahang berdasarkan kajian citra Satelit Landsat 7ETM+ memiliki kenaikan hingga 6°C lebih tinggi dari rata-rata hariannya. Suhu tertinggi air bahang terdapat pada citra tanggal 6 Mei 2009, 23 Juni 2009 dan 9 Juli 2009. Dimana interval suhu permukaan laut rata-rata dengan suhu air bahang berkisar antara 4 – 5 °C. Pada tahun 2011, suhu air bahang tertinggi tanggal 12 Mei 2011 mencapai 31°C dengan interval 2°C terhadap suhu permukaan laut rata-rata. Suhu air bahang tertinggi pada tanggal 28 Mei 2011 berada pada 32°C dengan interval 3°C dari suhu permukaan laut rata-rata yang berada pada kisaran 28°C.

Hasil pengolahan data citra menunjukkan tahun 2009 suhu permukaan laut lebih hangat daripada suhu permukaan laut pada tahun 2011, dan interval kenaikan suhu permukaan laut terhadap suhu air bahang lebih besar pada tahun 2009 daripada tahun 2011. Hal tersebut terjadi akibat pengaruh dari ENSO (El Nino *Southern Oscillation*). Pada tahun 2009, indeks osilasi selatan (IOS) tercatat bernilai negatif berkisar antara -2,30 hingga -14,70 yang menunjukkan terjadinya peristiwa El Nino. Ketika terjadi El Nino terdapat pergerakan *warm pool* dari Samudera Pasifik Barat melewati perairan Indonesia ke arah timur menuju perairan Peru. Selain pengaruh pergerakan *warm pool*, suhu permukaan laut yang lebih hangat juga dipengaruhi oleh rendahnya curah hujan karena kemarau sebagai akibat dari El Nino.

Pada pengamatan citra tanggal 6 Mei 2009 dan 23 Juni 2009 yang memiliki suhu permukaan laut rata-rata 29 – 30°C. Kemudian pada citra tanggal 9 Juli 2009, suhu permukaan laut rata-rata naik hingga menjadi 31°C dikarenakan tren indeks osilasi selatan yang semakin negatif hingga mencapai puncaknya pada bulan Desember. Tren indeks osilasi selatan berubah menjadi positif pada tahun 2011, mengindikasikan terjadinya fenomena La Nina dimana curah hujan menjadi lebih tinggi dari normal dan suhu permukaan laut menjadi lebih rendah. Subrahmanyam (2003) menyebutkan, salah satu faktor meteorologi yang berpengaruh pada suhu permukaan laut adalah curah hujan. Pada tahun 2009 dimana tren Indeks Osilasi Selatan bernilai negatif sehingga curah hujan pada tahun tersebut menurun, menyebabkan suhu permukaan laut menjadi lebih hangat.

Luasan area sebaran air bahang pada citra Landsat 7ETM+ tanggal 6 Mei 2009 yaitu 207,36 Ha. Untuk tanggal 28 Juni 2009 luasan area sebaran bahang sebesar 927,36 ha. Luasan area sebaran air bahang pada citra Landsat 7ETM+ tanggal 9 Juli 2009 yaitu 205,28 ha. Pada citra Landsat 7ETM+ tanggal 12 Mei 2011 luasan area sebaran bahang sebesar 103,68 ha dan luasan area sebaran air bahang pada citra Landsat 7ETM+ tanggal 28 Mei 2011 yaitu 1578,24 ha.

Tren indeks osilasi selatan berubah menjadi positif pada tahun 2011, mengindikasikan terjadinya fenomena La Nina dimana curah hujan menjadi lebih tinggi dari normal dan suhu permukaan laut menjadi lebih rendah. Efek La Nina terlihat pada hasil pengolahan citra tanggal 12 Mei 2011 dan 28 Mei 2011 dimana suhu permukaan laut rata-rata berkisar antara 28 – 29°C. Luasan bahang pada citra tanggal 12 Mei 2011 sebesar 103,68 ha sedangkan luasan bahang pada citra tanggal 28 Mei 2011 mencapai 1578,24 ha. Hal tersebut disebabkan karena pada tanggal 12 Mei 2011 tercatat turun hujan dengan intensitas 5,10 mm/hari.

Sesuai dengan pernyataan Wyrcki (1961), Sirkulasi air laut di perairan Indonesia dipengaruhi oleh sistem angin muson. Oleh karena itu sistem angin muson ini bertiup secara tetap, walaupun kecepatan relatif tidak besar, maka akan tercipta suatu kondisi yang sangat baik untuk terjadinya suatu pola arus. Pada Muson Barat (Oktober – April), pola arus permukaan perairan Indonesia memperlihatkan arus permukaan bergerak dari Laut Cina Selatan menuju Laut Jawa. Di Laut Jawa, arus kemudian bergerak ke Laut Flores hingga mencapai Laut Banda. Sedangkan pada saat Muson Timur (April – Oktober), arah arus permukaan sepenuhnya berbalik arah menuju ke barat yang akhirnya akan menuju ke Laut Cina Selatan.

Luasan bahang pada tiap-tiap tanggal pengamatan citra, diketahui dipengaruhi oleh arus pada penyebarannya secara konveksi. Pada citra tanggal 6 Mei 2009 memiliki luasan bahang 298,45 ha kecepatan arusnya hingga 2,33 m/s, citra tanggal 23 Juni 2009 dengan luasan bahang 929,12 ha memiliki kecepatan arus hingga 7,19 m/s dan citra tanggal 9 Juli 2009 dimana luasan bahangnya 305,28 ha terdapat arus dengan kecepatan hingga 6,91 m/s.

IV. Kesimpulan

Hasil pengolahan data menunjukkan adanya gradasi nilai suhu permukaan laut dari outlet pembuangan air bahang ke arah utara dan lateral. Luasan bahang diketahui dipengaruhi oleh arus pada penyebarannya secara konveksi. Pada citra tanggal 6 Mei 2009 memiliki luasan bahang 298,45 kecepatan arusnya hingga 2,33 m/s, citra tanggal 23 Juni 2009 dengan luasan bahang 929,12 memiliki kecepatan arus hingga 7,19 m/s dan citra tanggal 9 Juli 2009 dimana luasan bahangnya 305,28 terdapat arus dengan kecepatan hingga 6,91 m/s. Efek La Nina terlihat pada hasil pengolahan citra tanggal 12 Mei 2011 dan 28 Mei 2011 dimana suhu permukaan laut rata-rata berkisar antara 28 – 29°C. Luasan bahang pada citra tanggal 12 Mei 2011 sebesar 103,68 Ha sedangkan luasan bahang pada citra tanggal 28 Mei 2011 mencapai 1578,24 Ha. Hal tersebut disebabkan karena pada tanggal 12 Mei 2011 tercatat turun hujan dengan intensitas 5,10 mm/hari.

Daftar Pustaka

- Nontji, A. 1987. *Laut Nusantara*. Djambatan, Jakarta.
- Subrahmanyam, Bala. 2003. *Observational and Modelling Studies of the Marine Atmospheric Boundary Layer*. Grin Verlag. Norderstedt Germany
- Sunarsih. 1997. *Model Pencemaran Limbah Air Panas Pembangkit Listrik Tenaga Uap Tambak Lorok di Kolam Pelabuhan Tanjung Mas Semarang*. Tesis. Program Studi Ilmu Lingkungan. Jakarta.
- USGS. 2000. *Landsat 7 Science Data User Handbook*.
- Wyrcki, K. 1961. *Physical Oceanography of The South East Asian Waters*. The University of California Scripps Institution of Oceanography La Jolla. California