

---

**Sebaran Suhu Permukaan Laut Akibat Air Bahang Berdasarkan Analisa Citra Satelit Landsat-8 di Perairan PLTU Labuhan Angin Sibolga, Sumatera Utara**

**Dedy Febrianto Sitinjak, Agus Anugroho Dwi Suryo, Muhammad Helmi**

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang, 50275 Telp/Fax (024) 7474698  
Email : [agusads.oseanografi@gmail.com](mailto:agusads.oseanografi@gmail.com); [muhammadhelmi69@gmail.com](mailto:muhammadhelmi69@gmail.com)

**Abstrak**

PLTU Labuhan Angin Sibolga memiliki air bahang yang langsung berhubungan dengan laut. Air bahang adalah air laut yang telah digunakan dalam proses pendinginan mesin PLTU yang dibuang kembali ke laut, sehingga suhu permukaan laut mengalami peningkatan suhu dari suhu rata-rata laut.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui sebaran suhu permukaan laut akibat air bahang PLTU Labuhan Angin Sibolga dengan menggunakan data Citra Satelit Landsat-8. Sebaran suhu permukaan laut diproses melalui pendekatan metode penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil analisa terlihat adanya perubahan dan sebaran suhu permukaan laut akibat air bahang PLTU. Penelitian ini dilakukan verifikasi data lapangan di beberapa titik sampling dengan penentuan titik secara acak sebanyak 15 titik yang digunakan untuk verifikasi data.

Hasil dari penelitian didapatkan adanya suhu permukaan laut yang mengalami perubahan suhu sebesar 4,8°C dari suhu rata-rata laut dan arah sebaran dominan ke arah Selatan perairan sejauh 690 meter dengan kecepatan arus permukaan rata-rata 0,032 m/s. Suhu tertinggi perairan akibat air bahang sebesar 35,4°C dan suhu terendah 31,4°C, verifikasi data lapangan mendapatkan *Mean Relative Error* 3,48%.

**Kata Kunci:** Suhu Permukaan Laut, PLTU, Air Bahang, Labuhan Angin Sibolga.

**Abstract**

Labuhan Angin Steam Power Plant in Sibolga has heat water which is directly related to the sea. This heat water makes the sea surface temperature has increased over the average temperature of the sea.

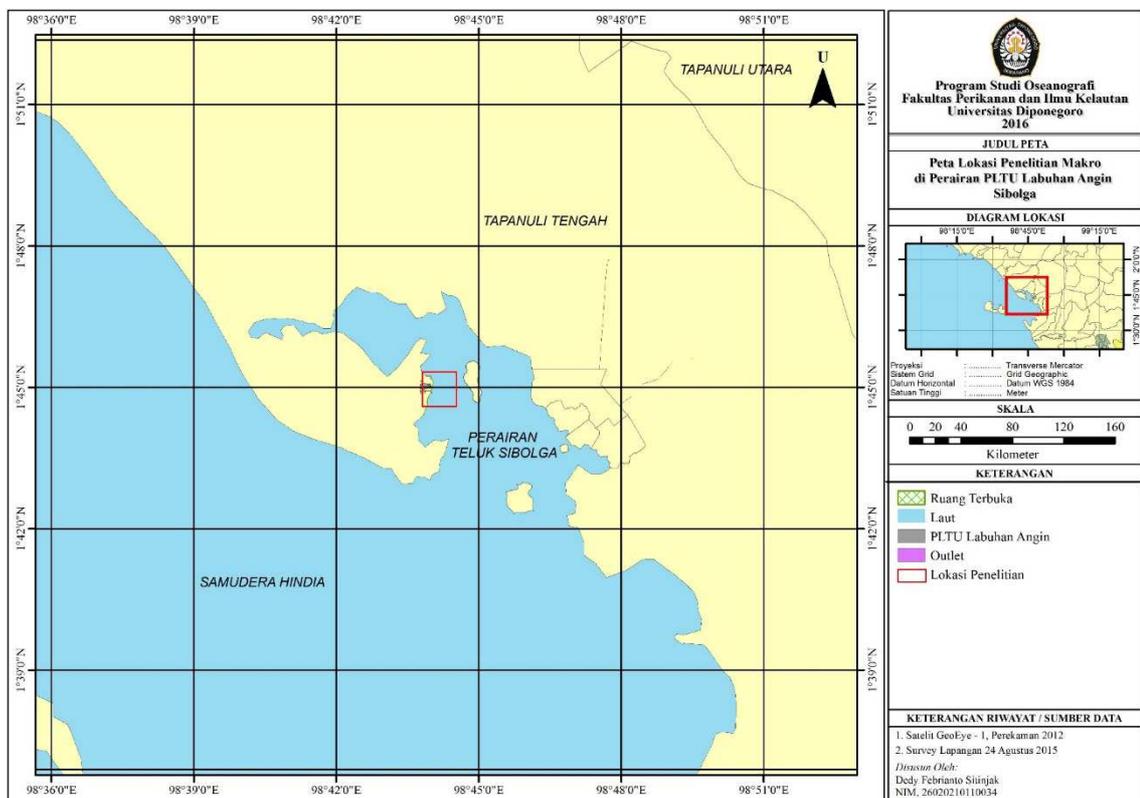
The purpose of this research is to understand the distribution of sea surface temperature due to heat water Labuhan Angin Steam Power Plant based on image satellite Landsat-8. By using the data of Landsat 8 TIRS processed through the approach of remote sensing methods and Geographic Information System, the presence and distribution of changes in sea surface temperature due to heat water of power plant emerged. In this study, a ground check at some point sampling was conducted with random point determination as many as 15 points are used to verify the data.

The results of the research showed the presence of sea surface temperature changes of temperature 4,8°C of the average sea temperature and occurs spread to the south as far as 690 meters with a average surface flow 0.032 m/s. Highest temperature caused the heat water 35,4°C and the lowest temperature 31,1°C, with *Mean Relative Error* is 3,48%.

**Keywords:** Sea Surface Temperature, Steam Power Plant, Outlet Water, Labuhan Angin Sibolga.

## 1. Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah salahsatu kegiatanyang dilakukan pemerintah dalam memenuhi kebutuhan listrikyangtidak lain alasan utama disebabkan tingginya kebutuhan listrik bagi masyarakat di Indonesia. Sumber daya penghasil listrik seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)dapat menjadi alternatif lain dalam hal pemasok listrik tambahan, namunmemiliki dampak tersendiri bagi daerah sekitarnya yaitu menghasilkan limbah air bahang dan dibuang ke badan air sehingga hal ini akan memberi pengaruh kepada dinamika hidro-oseanografi terutama perubahan suhu permukaan air laut. Pembuangan limbah air bahang ke perairan laut tanpa adanya proses pendinginan akan berdampak pada meningkatnya suhu permukaan air laut. Keadaan tersebut perlu ditinjau dan dianalisa bagaimana perubahan suhu permukaan laut di perairan PLTU Labuhan Angin Sibolga serta aspek sebaran horizontal suhu permukaan laut agar mendapatkan data acuan standar kualitas perairan laut. Untuk melakukan pemantauan menyeluruh maka permasalahan ini didekati dengan pendekatan penginderaan jauh dengan menggunakan Citra Satelit Landsat-8. Tujuan dari penelitian ini adalah penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran suhu permukaan laut secara *horizontal* akibat air bahang PLTULabuhan Angin Sibolga menggunakan Citra Satelit Landsat-8. Penelitian ini dilakukan dalam 2 tahap yaitu tahap pertama yaitu pengumpulan data primer dan data sekunder pada bulan Juni-Agustus 2015. Tahap kedua yaitu melakukan *ground check* pada tanggal 24 Agustus 2015. Lokasi penelitian ini dilakukan di perairain laut PLTU Labuhan Angin Sibolga yang disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

## 2. Materi dan Metode

Materi pada penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari Citra Satelit Landsat-8 *Path/Row* : 129/59 waktu perekaman 16 Agustus 2015 jam 10.45 WIB yang diambil di web [earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov). Hasil unduhan Citra Satelit Landsat-8 tersebut akan diolah dan menghasilkan data analisa sebaran suhu permukaan laut. Data *insitu* suhu diperoleh dari pengukuran di lapangan pada tanggal 24 Agustus 2015 jam 11.00 yang akan digunakan untuk verifikasi data hasil analisa citra satelit. Pengambilan data *in situ* dilakukan di perairan PLTU Labuhan Angin Sibolga yang berjumlah 15 titik sampel. Metode yang digunakan dalam pengambilan data lapangan yakni menggunakan metode *random* sampling. Sedangkan metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif (Arikunto, 2002). Metode deskriptif yang dimaksud pada penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran tentang kejadian sebaran suhu permukaan laut yang dipengaruhi oleh air bahang PLTU Labuhan Angin Sibolga.

**Tahap Pemrosesan Citra Landsat 8 TIRS**

Pemrosesan Citra Satelit Landsat-8 dilakukan untuk memperoleh informasi suhu permukaan laut. Kanal yang digunakan untuk memperoleh nilai adalah kanal 11, merupakan kanal inframerah termal yang memiliki panjang gelombang 10,60-11,19 μm.

**Import Data**

Data Citra Satelit Landsat-8 yang masih berupa data mentah (*raw data*) harus diolah menjadi suatu bentuk data yang lebih informatif dan dapat diinterpretasikan dengan mudah. Kegiatan pengolahan data satelit diawali dari pemasukan data dalam bentuk *Graphics Format Tiff* (tif). Pengolahan ini menggunakan perangkat lunak *ER Mapper 7* dan menghasilkan data *extension* (ers) pada media penyimpanan.

**Koreksi Geometrik dan Koreksi Radiometri**

Koreksi geometrik dilakukan untuk menghilangkan pengaruh pergeseran sehingga kualitas citra dapat ditingkatkan dan dapat digunakan lebih lanjut. Koreksi geometrik terdiri dari dua tahap yaitu transformasi geometrik dan *resampling*. *Resampling* yang digunakan adalah *nearest neighbor resampling*, sehingga akan mengeliminasi koordinat GCP sampai menghasilkan nilai RMS (*Root Mean Square Error*) yang lebih kecil dari 1. Setelah melalui proses koreksi atau pemulihan citra ini maka dapat diperoleh nilai digital dari masing-masing kanal.

Koreksi radiometri dilakukan untuk menjadikan citra lebih baik dan mudah untuk dianalisa, dalam koreksi radiometri yang dilakukan adalah mengubah nilai digital yang terkena pengaruh atmosferik.

**Pembatasan Area penelitian**

Data Citra Satelit Landsat-8 pada *path/row* : 129/59 yang meliputi sebagian wilayah teluk di Perairan Sibolga dan selanjutnya dibatasi pada daerah pantai di perairan PLTU Labuhan Angin Sibolga. Tujuan dari proses ini adalah untuk membatasi citra sesuai daerah yang akan diamati.

**Analisa Kuantitatif Citra Landsat Termal**

Analisa data kuantitatif merupakan pengolahan data dengan kaidah-kaidah matematik terhadap data angka atau numerik. Analisa data kuantitatif yang berupa Citra Satelit Landsat-8 dilakukan melalui tahapan-tahapan seperti berikut:

**a. Konversi Nilai Digital Menjadi Nilai Radiasi**

Nilai digital yang tercatat oleh sensor merupakan fungsi dari kemampuan bit-koding dari sensor dalam mengubah pancaran spektral obyek dan pancaran spektral obyek merupakan fungsi dari suhu radiasinya (Danoedoro, 2012). Berikut adalah rumus yang digunakan untuk mengkonversi nilai digital menjadi radiasi:

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \dots \dots \dots (USGS, 2013)$$

$L_{\lambda}$  = TOA *spectral radiance* / radiasi spektral (Watts / (m<sup>2</sup>.srad.μm))

$M_L$  = Band-spesifik faktor *rescaling* perkali dari metadata (*RADIANCE\_MULT\_BAND\_10*, dimana 10 adalah nomer band)

$A_L$  = Band-spesifik faktor *rescaling* additif dari metadata (*RADIANCE\_ADD\_BAND\_10*, dimana 10 adalah nomer band)

$Q_{cal}$  = Produk standar piksel yg dikuantisasi dan dikalibrasi (DN)

**b. Konversi Nilai Radiasi Menjadi Suhu Radiasi**

Formulasi untuk mengubah nilai piksel menjadi nilai suhu radiasi yang dapat dihitung berdasarkan nilai radiasi spektral yang sudah diubah kedalam nilai celcius dengan menggunakan persamaan berikut:

$$T = \frac{K2}{\ln \left( \frac{K1}{L\lambda} + 1 \right)} - 273 \dots \dots \dots (USGS, 2013)$$

T = Suhu Radiasi (Celcius)

K2 = Konstanta Kalibrasi 2 (1282,71 Kelvin)

K1 = Konstanta Kalibrasi 1 (666,09 watts / (meter<sup>2</sup>.ster.μm))

Lλ = Radiasi Spektra dalam watts / (meter<sup>2</sup>.ster. tm)

**c. Transformasi Suhu Radiasi Menjadi Suhu Permukaan Laut**

Berdasarkan nilai suhu radiasi hasil kalkulasi, nilai suhu kinetik objek dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$SST = AT^3 - BT^2 + CT - 1161,2 \dots \dots \dots (Bambang, 2011)$$

SST = *Sea Surface Temperature* / Suhu Permukaan Laut

A = 0,0684

B = 5,3082

C = 137,59

T = Suhu Radiasi (Celcius)

### Pengolahan Data Hidrooseanografi

Data oseanografi yang digunakan adalah suhu permukaan laut, arus permukaan laut, pasang surut dan kedalaman perairan sekitar perairan PLTU Labuhan Angin Sibolga. Data hasil pengambilan suhu ditampilkan dalam bentuk tabel sehingga bisa digunakan untuk uji akurasi data suhu permukaan laut Citra Satelit Landsat-8. Data arus permukaan laut diolah menggunakan software ArcGIS 10 agar bisa dilihat secara 2 Dimensi arah dan kecepatan arus permukaan, data pasang surut dan kedalaman perairan digunakan untuk modeling arus pasang dan arus surut dengan metode ADCIRC.

### Tahap Verifikasi Suhu Citra Hasil Klasifikasi

Verifikasi data suhu Citra Satelit Landsat-8 dengan data suhu hasil pengukuran lapangan dilakukan dengan membandingkan nilai suhu pada stasiun-stasiun pengamatan. Penentuan titik lokasi pengambilan sampel menggunakan metode random sampling. Data citra tersebut digunakan untuk menentukan lokasi pengambilan sampling, karena dinamika laut yang selalu berubah setiap saat pengambilan sampel dilakukan dengan metode random sampling.

Hasil pengukuran data lapangan selanjutnya digunakan untuk keperluan verifikasi data Citra Satelit Landsat-8 dan modeling arus ADCIRC. Hasil data pengukuran lapangan yang dilakukan pada tanggal 24 Agustus 2015 dibandingkan dengan data klasifikasi suhu Citra Satelit Landsat-8 tanggal 16 Agustus 2015 dengan pertimbangan kedua waktu tersebut berada pada bulan dan periode musim yang sama.

Triatmodjo (1996) menyatakan bahwa nilai kesalahan dapat dihitung menggunakan rumus :

#### 1. Kesalahan Relatif [*Relative Error (RE)*]

$$RE = \left| \frac{p-p^*}{p} \right|$$

#### 2. Kesalahan Relatif Rata-Rata [*Mean Relative Error (MRE)*]

$$MRE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{p-p^*}{p} \right| \cdot 100 \%$$

keterangan n, p dan p\* adalah jumlah data, data lapangan dan hasil pengerjaan model

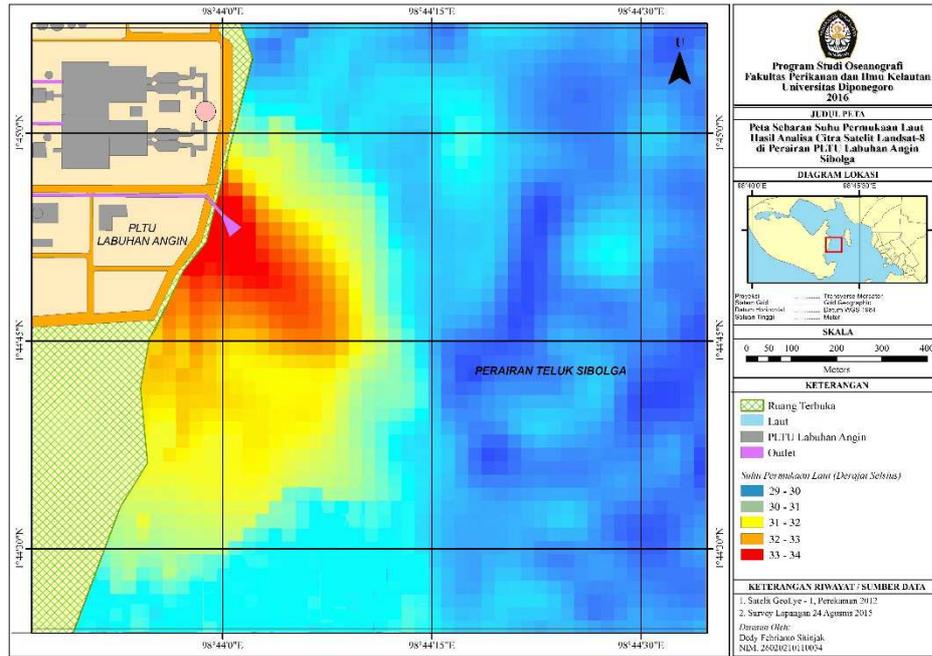
## 4. Hasil dan Pembahasan

### A. Hasil

#### Sebaran Suhu Permukaan Hasil Citra Landsat 8 TIRS

Berdasarkan hasil pengolahan data Citra Satelit Landsat-8 band 11 perekaman pada tanggal 16 Agustus 2015 *path/row* : 129/59 terlihat perbedaan warna pada wilayah perairan yang menandai terdapat perbedaan nilai suhu. Perbedaan nilai pada setiap piksel data Citra Satelit Landsat-8 membentuk pola sebaran suhu permukaan laut yang diakibatkan air bahang yang berasal dari PLTU Labuhan Angin Sibolga. Nilai suhu maksimum yang dihasilkan sebesar 33,8°C terdapat pada perairan di sekitar mulut outlet pembuangan air bahang dan suhu minimum adalah 30,1 °C yang merupakan suhu perairan normal di perairan sekitar PLTU Labuhan Angin Sibolga.

Klasifikasi suhu permukaan laut yang terdapat pada perairan dibagi dalam 5 kelas yang dan ditampilkan melalui warna yang merepresentasikan setiap kelas dari data suhu masing-masing hasil dari pengolahan data Citra Satelit Landsat-8. Suhu tertinggi diwakili warna merah dengan nilai suhu sebesar 33 °C – 34 °C, untuk warna jingga mewakili nilai suhu perairan sebesar 32 °C – 33 °C, warna kuning sendiri mewakili nilai suhu perairan sebesar 31 °C - 32 °C, sedangkan untuk besar nilai suhu perairan 30 °C - 31 °C diwakili dengan warna hijau dan yang terakhir sekaligus suhu terendah berdasarkan hasil pengolahan data Citra Satelit Landsat-8 yaitu warna biru yang mewakili besaran suhu 29 – 30 °C yang merupakan suhu perairan yang tidak terpengaruh oleh air bahang PLTU Labuhan Angin Sibolga. Nilai kesalahan relatif rata-rata besaran suhu permukaan laut hasil analisa data Citra Satelit Landsat-8 [*Mean Relative Error (MRE)*] adalah 3,48 %.



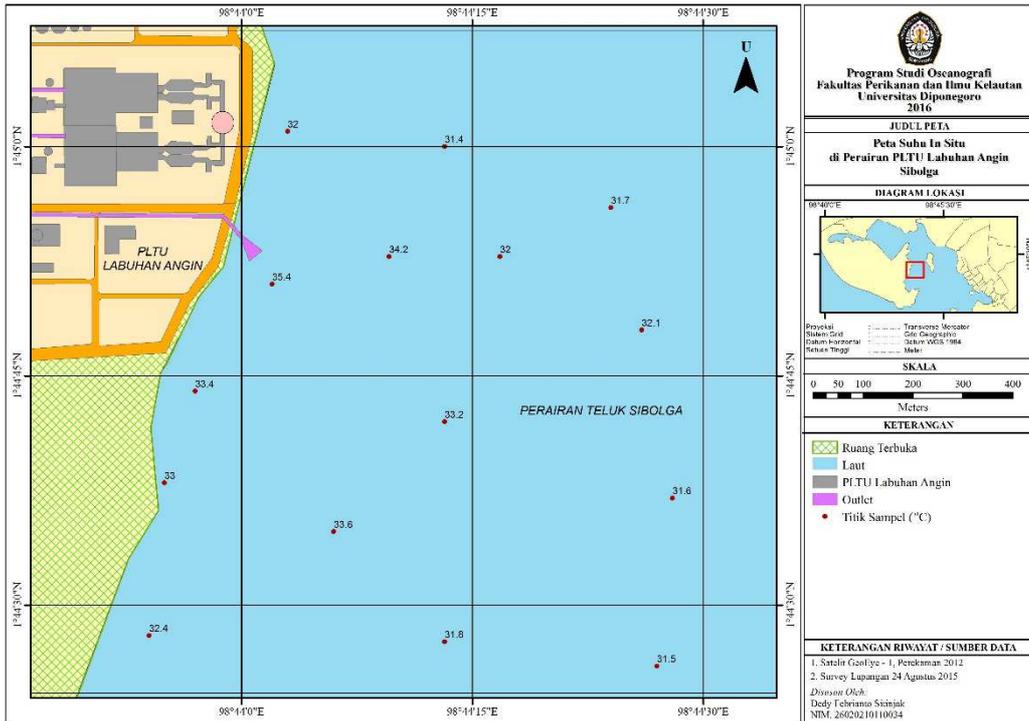
Gambar 2. Peta Sebaran Suhu Permukaan Hasil Analisa Citra Landsat 8 (16 Agustus 2015)

Setelah dilakukan pengolahan data menggunakan Citra Satelit Landsat-8 akan dilakukan pengambilan data secara langsung dilapangan. Data tersebut akan digunakan sebagai pembanding untuk menentukan nilai eror pengambilan data melalui citra satelit.

Tabel 1. Nilai Kesalahan Relatif [*Relative Error (RE)*] Suhu Permukaan Laut

TitikSampel	<i>In situ</i> (°C)	Landsat 8 (°C)	RE
1	32	31.3	0.02188
2	35.4	33.8	0.04520
3	33.4	32.1	0.03892
4	33	31.8	0.03636
5	32.4	31.2	0.03704
6	33.6	32.4	0.03571
7	34.2	32.9	0.03801
8	31.8	31.1	0.02201
9	33.2	32.2	0.03012
10	32	31.1	0.02813
11	31.4	30.3	0.03503
12	31.7	30.2	0.04732
13	32.1	30.8	0.04050
14	31.6	30.7	0.02848
15	31.5	30.3	0.03810

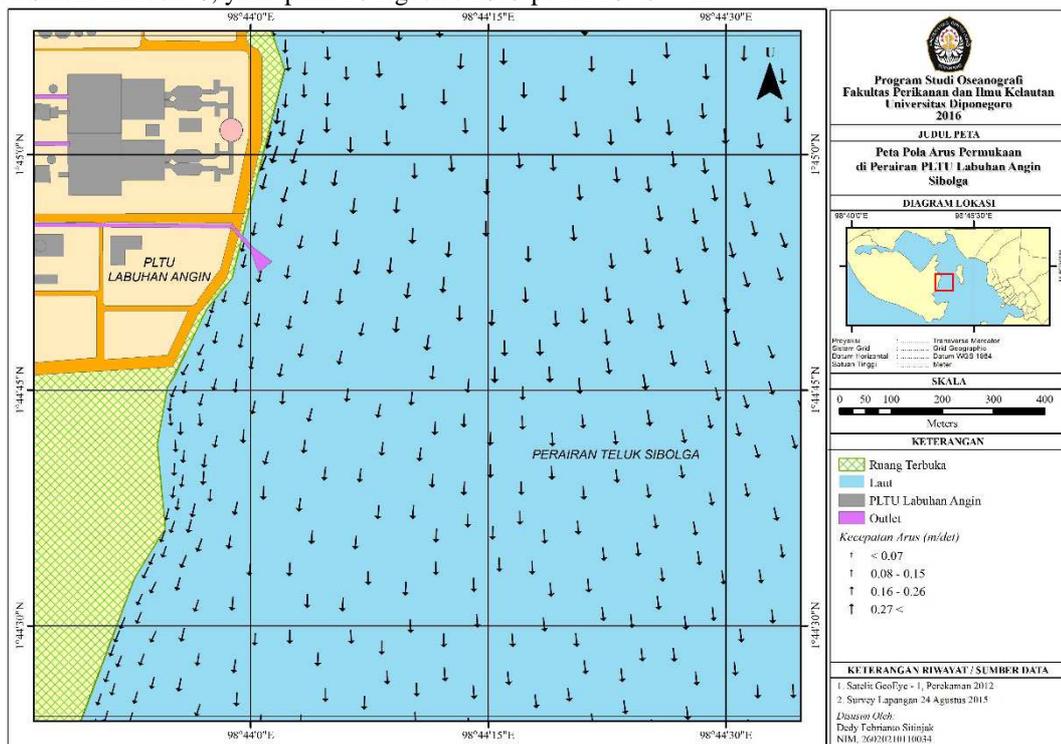
Dalam Tabel 1 ditunjukkan adanya nilai *error* di setiap titik pengambilan sampel. Total nilai kesalahan relatif nilai besaran suhu pada setiap titik pengambilan sampel akan dihitung nilai kesalahan relatif rata-rata nya. Nilai kesalahan relatif rata-rata besaran suhu permukaan laut hasil analisa data Citra Satelit Landsat-8 [*Mean Relative Error (MRE)*] adalah 3,48 %.



Gambar 3. Hasil Pengambilan Suhu Permukaan Laut Secara *In Situ* (24 Agustus 2015)

### Arus Permukaan

Pemodelan arus permukaan perairan menggunakan perangkat lunak SMS 10.1 dengan memasukkan data batimetri. Berdasarkan pengolahan pemodelan metode ADCIRC (*Advance Circulation Multi Dimensional Hydrodynamic Mode*) yang terdapat dalam perangkat lunak dengan inputan data kedalaman perairan didapatkan peramalan simulasi model hidrodinamik 2D (2-Dimensi) arus pasang surut berupa vektor arus, kecepatan arus pasang surut digambarkan dengan nilai panjang atau pendek suatu vektor dan arah pergerakan arus pasang surut digambarkan dengan arah vektor. Penentuan pengolahan data arus permukaan dan hasil yang ditampilkan berdasarkan waktu dan tanggal perekaman Citra Satelit Landsat-8, yaitu pada 16 Agustus 2015 pukul 10:45 WIB.



Gambar 4. Peta Pola Arus Permukaan Laut (16 Agustus 2015)

## **B. Pembahasan**

Suhu permukaan laut tertinggi secara berdasarkan hasil analisa Citra Satelit Landsat-8 terletak pada stasiun 2 sebesar 33,8°C, dikarenakan stasiun 2 berdekatan dengan mulut outlet sehingga air bahang hasil PLTU Labuhan Angin Sibolga yang memiliki suhu tinggi mencapai 40°C (PLTU Labuhan Angin Sibolga) langsung bercampur dengan perairan sehingga menyebabkan kenaikan suhu permukaan laut secara signifikan. Fakta ini menunjukkan bahwa air bahang PLTU Labuhan Angin Sibolga menyumbangkan panas ke perairan PLTU Labuhan Angin Sibolga dan menyebabkan kenaikan suhu permukaan, sesuai dengan pernyataan Nontji (1987) bahwa suhu permukaan laut perairan di Indonesia berkisar 28°C - 31°C, namun untuk daerah pembuangan limbah industri dan pembangkit listrik dapat terjadi kenaikan suhu permukaan mencapai 37°C. Suhu permukaan laut yang berada di bagian Timur dari PLTU Labuhan Angin Sibolga stasiun 6, 7, 8, 9 dan 10 memiliki kisaran suhu permukaan laut sebesar 32,2-32,4°C hal ini dikarenakan masih terpengaruh oleh air bahang yang dihasilkan oleh PLTU. Posisi titik pengambilan sampel ini masih dalam cakupan perairan yang terpengaruh oleh air bahang pada kategori sedang yang luasnya sangat dominan yaitu 20,02 hektar. Pada stasiun 8, 11, 12, 14 dan 15 suhu permukaan relatif tidak mengalami perubahan suhu akibat air bahang PLTU yaitu berkisar antara 30,2-31,1°C yang merupakan besaran suhu rata-rata perairan PLTU Labuhan Angin Sibolga, dikarenakan lokasi titik tersebut sudah berada diluar perairan yang terpengaruh air bahang yang berasal dari PLTU.

Pemodelan dan analisis data pola sebaran arus permukaan diambil pada musim barat, tepatnya pada bulan Agustus sesuai dengan perekaman Citra Satelit Landsat-8. Musim timur angin yang bertiup dominan dari arah Barat Laut menyebabkan angin bergerak menuju tenggara dan selatan. Pergerakan angin dari Barat Laut menuju tenggara dan selatan dapat disebabkan karena tekanan udara di daerah sebelah Barat Laut lebih tinggi dari pada di daerah sebelah Tenggara. Penjelasan ini dijelaskan pula oleh Hutabarat (2006), bahwa pada musim Barat pusat tekanan di daerah benua Asia lebih tinggi dari pada di daerah benua Australia. Pergerakan Angin pada Musim Barat membawa material arus di permukaan laut sehingga mengakibatkan persebaran suhu permukaan laut di Perairan PLTU Labuhan Angin Sibolga, dengan demikian angin yang bergerak pada Musim Barat membawa arus permukaan laut dominan ke arah Tenggara menuju Selatan.

## **4. KESIMPULAN**

Citra Satelit Landsat-8 dapat melakukan pemetaan suhu permukaan air laut menggunakan sensor termal yang terdapat pada *Band* 10 dan 11. Nilai Maksimum hasil pengolahan data Citra Satelit Landsat-8 yang terdapat pada Perairan PLTU Labuhan Angin Sibolga sebesar 33,8°C dan nilai terendah 30,2 °C dengan nilai eror 3,48%. Sebaran suhu Permukaan laut yang diakibatkan air bahang PLTU dominan menyebar ke arah selatan perairan dikarenakan pola arus permukaan yg terdapat pada perairan PLTU Labuhan Angin Sibolga. Radius pengaruh air bahang terhadap perairan ke arah utara mencapai 628 meter, ke arah selatan mencapai 690 meter dan ke arah timur 410 meter dengan total luas perairan yang mengalami kenaikan suhu seluas 44,17 hektar.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Bambang, Trisakti, Sayidah, Sulma dan Syarif. 2011. Study of Sea Surface Temperature (SST) using Landsat-7 ETM (In Comparison with Sea Surface Temperature of NOAA-12 AVHRR). LAPAN Indonesia (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Indonesia, Jakarta).
- Hutabarat, S. dan Evans, S. M. 2006. Pengantar Oseanografi. UI Press. Jakarta
- Helmi, M., A. Hartoko, Herkiki S., Munasik dan S. Wouthuyzen. 2011. Analisis Respon Spektral dan Ekstraksi Nilai Spektral Terumbu Karang Pada Citra Digital Multispektral Satelit ALOS-AVNIR di Perairan Gugus Pulau Pari, Kepulauan Seribu, Jakarta. Buletin Oseanografi Marina
- Helmi, M., Adiasti R.H. dan Andi, 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.
- Danoedoro, Projo. 2012. Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Ismayanti, Q. 2011. Kajian Spasial Suhu Permukaan Laut Akibat Air Bahang PLTU Paiton Menggunakan Saluran Termal Satelit Landsat 7/ETM+ Di Pantai Bhinor Kabupaten Probolinggo Jawa Timur. Skripsi. Program studi Oseanografi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. UNDIP, Semarang.
- Nontji, A. 1987. Laut Nusantara. Djambatan, Jakarta.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset, Yogyakarta.
- USGS. 2013. Landsat 8 Science Data Users Handbook.
- Wyrtki, K. 1961. Physical Oceanography of the South East Waters. The University of California Scripps Institution of Oceanography La Jolla, California.