

**STUDI SEBARAN KONSENTRASI MATERIAL PADATAN TERSUSPENSI  
MENGUNAKAN CITRA SATELIT LANDSAT-8 DI PERAIRAN TELUK  
BALIKPAPAN KALIMANTAN TIMUR**

**Rinda Nita Ratnasari<sup>\*)</sup>, Muhammad Helmi<sup>\*)</sup>, Baskoro Rochaddi<sup>\*)</sup>**

<sup>\*)</sup> Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H, Tembalang Semarang. 50275 Telp/fax (024)7474698

**Abstrak**

Nilai konsentrasi padatan tersuspensi total yang tinggi dapat menurunkan aktivitas fotosintesa tumbuhan laut baik yang mikro maupun makro sehingga oksigen yang dilepaskan tumbuhan air menjadi berkurang. Dengan data citra satelit Landsat-8 diketahui informasi tentang konsentrasi material padatan tersuspensi dan akan lebih menguntungkan dibandingkan dengan pengamatan dan pengambilan data secara langsung di perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi material padatan tersuspensi serta pola sebarannya yang didasarkan pada analisa respon spektral citra satelit Landsat-8. Berdasarkan sifatnya metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan metode pengolahan data menggunakan metode penginderaan jauh yang terbagi atas metode interpretasi citra satelit dan metode pengolahan citra digital. Metode pengolahan citra digital meliputi metode penyesuaian histogram untuk koreksi radiometrik, *cropping* untuk pemotongan citra Landsat-8, *masking* untuk pemisahan daratan, serta pemasukan algoritma untuk mengetahui nilai material padatan tersuspensi. Hasil analisa konsentrasi sebaran MPT di perairan Teluk Balikpapan memiliki kisaran antara 0-40 mg/l dengan 4 kelas. Perbandingan luasan terbesar yang didapat oleh citra satelit pada tanggal 5 Oktober 2014 berada pada kelas rendah (10-20 mg/l) yang meliputi 59,87 % daerah perairan, 21 Oktober 2014 berada pada kelas rendah (10-20 mg/l) yang meliputi 36,90 % daerah perairan, 6 November 2014 berada pada kelas rendah (10-20 mg/l) yang meliputi 42,66 % daerah perairan dan koefisien regresi linier sebesar 98 %.

**Kata kunci :** *Respon Spektral; Satelit Landsat-8; Material Padatan Tersuspensi; Perairan Teluk Balikpapan*

**Abstract**

Total suspended solids concentrations could decreased the activity of photosynthesis of marine plants both micro and macro, so that marine plants reduce that oxygen to be released in waters. From Landsat-8 satellite image data, we could knew information about the concentration of suspended solids material and it's would be more profitable if compared with observations and data retrieval directly in the waters. The purpose of this research are to determine the concentration of suspended solids material and its distribution pattern based on the analysis of Landsat-8 satellite image spectral response. The methods that used in this research is quantitative method and data processing methods using remote sensing methods that divided into satellite image interpretation methods and digital image processing methods. Digital image processing method includes histogram adjustment for the radiometric correction, cropping for cutting the boundary of research area, masking for the separation of the mainland from the sea, and applied algorithm to know concentration of suspended solid materials. The results of analysis for distribution of suspended solids materials concentration in Balikpapan Bay waters has a range between 0-40 mg/l with 4 classes. The result of comparison of the largest area are in October 5<sup>th</sup> 2014 is in low class (10-20 mg/l) which covers 59,87 % of the waters area, October 21<sup>st</sup> 2014 at a low class (10-20 mg/l) which covers 36,90 % waters area and November 6<sup>th</sup> 2014 in the low class (10-20 mg/l) which covers 42,66 % waters area and a linear regression coefficient about 98%.

**Keywords:** *Spectral Response; Landsat-8 Satellite; Suspended Solids Materials; Balikpapan Bay Waters*

## **1. Pendahuluan**

Teluk Balikpapan merupakan daerah dengan kawasan yang memiliki banyak daerah aliran sungai serta sub daerah aliran sungai. Material padatan tersuspensi di perairan dapat dihasilkan dari outlet sungai yang membawa sedimen hasil erosi daerah atas (*up land*) atau bahan polusi, aktivitas pengembangan industri, hasil erosi dasar perairan, atau makhluk hidup dalam perairan tersebut (Ritchie *et al.*, 1976). Kandungan total padatan tersuspensi di kolom air juga mempengaruhi penetrasi cahaya matahari di perairan. Pemantauan MPT perlu dilakukan untuk mengetahui kualitas air pada suatu lingkungan, semakin tinggi tingkat konsentrasi MPT menunjukkan tingkat polusi yang tinggi pula, karena adanya penutupan (*block*) penetrasi cahaya ke air dan mengganggu proses fotosintesis (Effendi, 2000).

Konsentrasi dan komposisi MPT bervariasi secara temporal dan spasial tergantung pada faktor-faktor fisik dan biologis yang mempengaruhinya. Faktor fisik yang mempengaruhi distribusi MPT terutama adalah pola sirkulasi air, pengendapan gravitasional, deposisi, dan resuspensi sedimen. Akan tetapi pola sirkulasi air merupakan faktor yang paling fundamental (Chester, 1990). Penghitungan yang akurat harus dijalankan untuk mengetahui tingkat kualitas perairan karena hal ini berkaitan dengan kehidupan berbagai jenis makhluk hidup serta lingkungannya.

Penggunaan teknik penginderaan jauh untuk memetakan sebaran material padatan tersuspensi telah banyak dikembangkan dan dilakukan. Data penginderaan jauh tidak hanya dipakai untuk data atau inventarisasi saja tapi sekaligus untuk fungsi pemantauan. Hal ini dimungkinkan karena data penginderaan jauh dapat diperoleh secara multitemporal. Penginderaan jauh sistem satelit merupakan salah satu sistem penginderaan jauh yang sudah dikembangkan Landsat TM. Penginderaan jauh sistem satelit sering digunakan dalam berbagai penelitian karena di samping kemampuan multispektral dari sensornya, juga karena begitu pesat perkembangan pengolahan dan analisis datanya (Susiaty *et al.*, 2010).

## **2. Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan yakni metode kuantitatif (Sugiyono, 2009), metode penelitian kuantitatif digunakan untuk meneliti populasi atau sampel tertentu, pengumpulan datanya menggunakan instrumen penelitian. Data yang dibutuhkan adalah data yang sesuai dengan masalah dan tujuan penelitian yang ada, sehingga data tersebut akan dikumpulkan, diproses, dan dianalisis sesuai dengan teori-teori yang telah dipelajari. Metode kuantitatif digunakan dalam penelitian ini karena dengan menggunakan metode kuantitatif, maka akan diketahui hubungan antar variabel yang diteliti sehingga menghasilkan kesimpulan yang akan memperjelas gambaran mengenai objek yang diteliti.

Metode yang digunakan untuk menentukan titik sampling yakni menggunakan metode purposif (*purposive sampling method*) dengan pertimbangan karakteristik tertentu dari objek penelitian guna menentukan stasiun/titik penelitian (Sudjana, 1992). Pertimbangan karakter perairan yang diambil yakni dengan mempertimbangkan karakteristik area-area perairan yang berbeda menggunakan citra satelit Landsat-8. Pengambilan dilakukan pada stasiun-stasiun penelitian yang telah ditentukan sebelumnya (Gambar 1), dilakukan pada kedalaman 0.2(d) cm diukur dari permukaan dimana d merupakan kedalaman total dari perairan, dengan pertimbangan penetrasi citra satelit Landsat-8 yang tidak dapat terlalu jauh ke dalam perairan (Kardono dan Suprajaka, 1993 *dalam* Lestari, 2009).

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan metode penginderaan jauh yang terbagi atas metode interpretasi citra satelit dan metode pengolahan citra digital atau *digital image processing method's* (Prahasta, 2008). Arah dan kecepatan arus menggunakan Pemodelan hidrodinarnika 2D

diolah menggunakan software SMS (*Sea Surface Water Modelling System*) dengan menggunakan modul ADCIRC. Evaluasi pemodelan sebaran MPT dilakukan dengan cara verifikasi antara nilai MPT citra hasil pengolahan dengan nilai MPT di lapangan yakni dengan menghitung besarnya kesalahan yang terjadi. Verifikasi data MPT dilakukan dengan mengevaluasi model algoritma MPT dengan perhitungan *error relative* dan rata-rata *relative error*. Perhitungan kesalahan (*error*) relatif dapat menggunakan persamaan berikut :

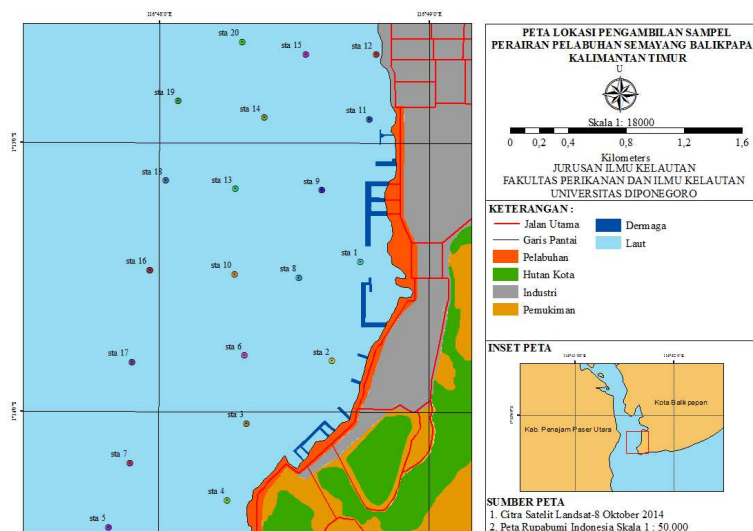
1. Kesalahan Relatif (*Relative Error*) :

$$RE = \left| \frac{p-p^*}{p} \right| \times 100 \%$$

2. Kesalahan Relatif Rata-Rata (*Mean Relative Error*) :

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

Dengan nilai n, p, p\* berturut-turut adalah jumlah data, data MPT lapangan, dan hasil MPT pengolahan citra satelit.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Nilai Konsentrasi Material Padatan Tersuspensi

Hasil analisa sampel air pada tiap stasiun penelitian menunjukkan nilai konsentrasi material padatan tersuspensi dari data lapangan. Hasil yang didapatkan dari data lapangan pada tiap stasiun bervariasi antara 11,07-29,60 mg/l (Tabel 1). Nilai konsentrasi MPT relatif tinggi terdapat pada stasiun 2 yakni sebesar 29,60 mg/l. Sedangkan konsentrasi relatif rendah terletak pada stasiun 18 sebesar 11,07 mg/l yang.

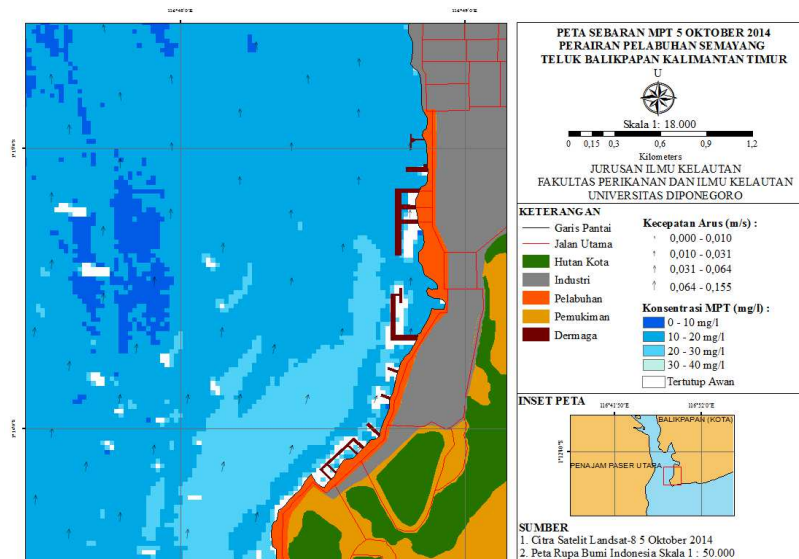
Tabel 1. Hasil analisa konsentrasi MPT tiap stasiun penelitian

| No | Stasiun | Koordinat        |                 | Konsentrasi MPT (mg/l) |
|----|---------|------------------|-----------------|------------------------|
|    |         | Timur            | Utara           |                        |
| 1. | Sta 1   | E 116° 48' 26.7" | S 01° 15' 15.4" | 17,00                  |
| 2. | Sta 2   | E 116° 48' 19.3" | S 01° 15' 28.7" | 29,60                  |
| 3. | Sta 3   | E 116° 48' 19.2" | S 01° 16' 15.6" | 11,47                  |
| 4. | Sta 4   | E 116° 48' 19.1" | S 01° 16' 30.5" | 17,20                  |

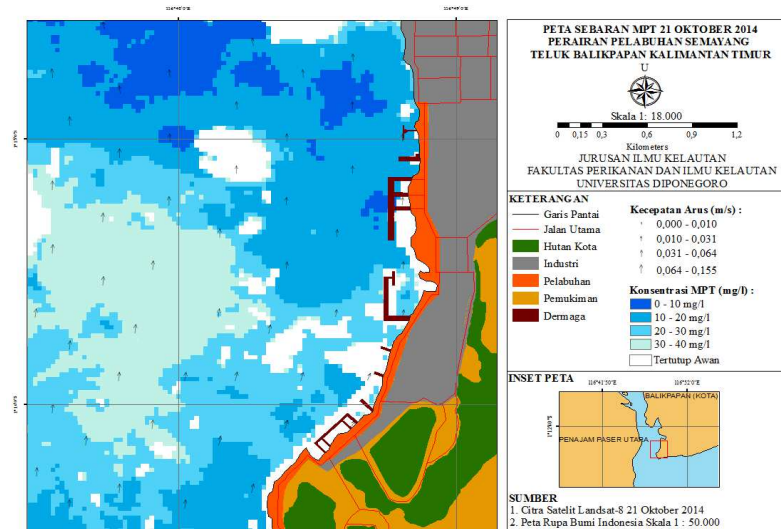
|     |        |                  |                 |       |
|-----|--------|------------------|-----------------|-------|
| 5.  | Sta 5  | E 116° 48' 21.2" | S 01° 16' 37.7" | 18,00 |
| 6.  | Sta 6  | E 116° 48' 18.6" | S 01° 15' 32.5" | 17,87 |
| 7.  | Sta 7  | E 116° 48' 00.6" | S 01° 16' 32.8" | 15,60 |
| 8.  | Sta 8  | E 116° 48' 17.1" | S 01° 15' 20.6" | 11,47 |
| 9.  | Sta 9  | E 116° 48' 17.6" | S 01° 15' 06.4" | 19,60 |
| 10. | Sta 10 | E 116° 48' 46.2" | S 01° 15' 19.5" | 12,40 |
| 11. | Sta 11 | E 116° 48' 26.3" | S 01° 14' 30.2" | 15,73 |
| 12. | Sta 12 | E 116° 48' 29.1" | S 01° 14' 19.7" | 14,27 |
| 13. | Sta 13 | E 116° 48' 08.1" | S 01° 15' 26.8" | 17,47 |
| 14. | Sta 14 | E 116° 48' 14.4" | S 01° 14' 24.3" | 15,60 |
| 15. | Sta 15 | E 116° 48' 21.4" | S 01° 14' 12.5" | 17,60 |
| 16. | Sta 16 | E 116° 47' 26.5" | S 01° 15' 15.8" | 14,80 |
| 17. | Sta 17 | E 116° 47' 21.4" | S 01° 15' 29.9" | 12,67 |
| 18. | Sta 18 | E 116° 48' 21.4" | S 01° 14' 12.5" | 11,07 |
| 19. | Sta 19 | E 116° 48' 19.0" | S 01° 14' 27.6" | 11,73 |
| 20. | Sta 20 | E 116° 48' 09.3" | S 01° 14' 11.0" | 11,47 |

### Pemetaan Sebaran Material Padatan Tersuspensi di Pelabuhan Semayang Teluk Balikpapan

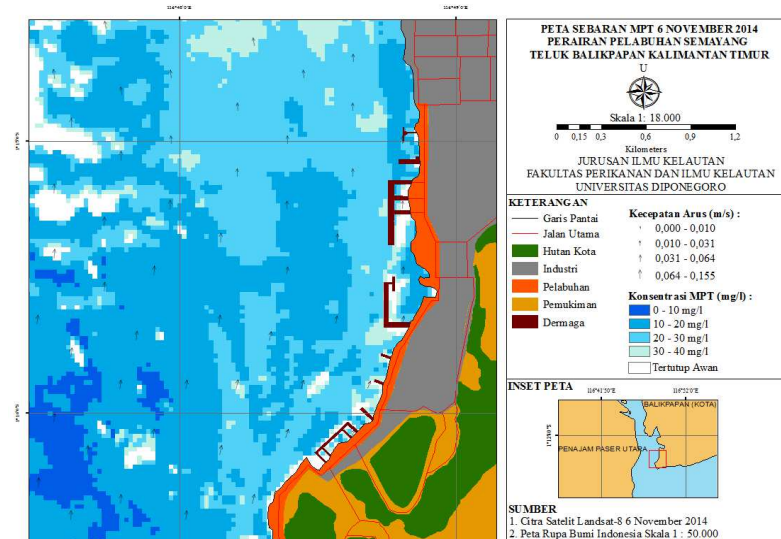
Model algoritma yang digunakan dalam pengolahan citra untuk sebaran MPT yakni model algoritma Budhiman. Citra satelit yang didapatkan dilakukan pengolahan dengan menggunakan algoritma tersebut sehingga terdapat klasifikasi-klasifikasi kelas tertentu. Berdasarkan hasil interpretasi citra dengan algoritma yang telah ada dapat diketahui kisaran nilai MPT pada setiap stasiun pengambilan sampel air. Dapat dilihat bahwa terdapat 4 kelas klasifikasi yakni 0-10 mg/l, 10-20 mg/l, 20-30 mg/l, dan 30-40 mg/l (Gambar 2, 3, dan 4). Secara visual dapat diinterpretasikan bahwa daerah-daerah konsentrasi material padatan tersuspensi tersebar di beberapa daerah perairan. Berikut merupakan pola sebaran serta klasifikasi nilai MPT yang ada di perairan Pelabuhan Semayang, Teluk Balikpapan, Kalimantan Timur yang diperoleh dari pengolahan citra satelit Landsat-8 di perairan Pelabuhan Semayang, Teluk Balikpapan, Kalimantan Timur.



Gambar 2. Sebaran MPT 5 Oktober 2014



Gambar 3. Sebaran MPT 21 Oktober 2014



Gambar 4. Sebaran MPT 6 November 2014

### Verifikasi Data Model dengan Data Lapangan

Model algoritma yang digunakan dalam pemetaan MPT dilakukan verifikasi yakni dengan menghitung nilai relatif error (*relative error*) dan rata-rata relatif error (*mean relative error*). Hal ini dilakukan untuk mengetahui kehandalan model yang digunakan serta sebagai indikator kesalahan pada model algoritma yang dipakai. Didapati nilai rata-rata error sebesar 13,82 %.

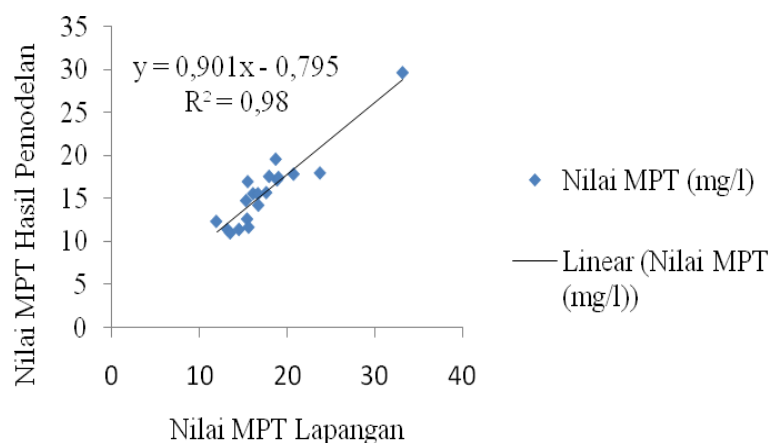
Tabel 2. Evaluasi Nilai Relative Error dan Mean Relative Error dari Data MPT Lapangan dengan Data MPT Citra Landsat-8

| No | Stasiun | Nilai MPT (mg/l) |          | RE (%) |
|----|---------|------------------|----------|--------|
|    |         | Citra            | Lapangan |        |
| 1. | Sta 1   | 15.57            | 17       | 0.08   |
| 2. | Sta 2   | 33.23            | 29.6     | 0.12   |
| 3. | Sta 3   | 10.09            | 11.47    | 0.12   |

|     |        |       |                |              |
|-----|--------|-------|----------------|--------------|
| 4.  | Sta 4  | 18.93 | 17.2           | 0.10         |
| 5.  | Sta 5  | 23.81 | 18             | 0.32         |
| 6.  | Sta 6  | 20.8  | 17.87          | 0.16         |
| 7.  | Sta 7  | 16.18 | 15.6           | 0.04         |
| 8.  | Sta 8  | 13.04 | 11.47          | 0.16         |
| 9.  | Sta 9  | 18.76 | 19.6           | 0.04         |
| 10. | Sta 10 | 11.58 | 12.4           | 0.03         |
| 11. | Sta 11 | 17.69 | 15.73          | 0.12         |
| 12. | Sta 12 | 16.78 | 14.27          | 0.18         |
| 13. | Sta 13 | 19.08 | 17.47          | 0.09         |
| 14. | Sta 14 | 16.73 | 15.6           | 0.07         |
| 15. | Sta 15 | 18.00 | 17.6           | 0.02         |
| 16. | Sta 16 | 15.37 | 14.8           | 0.04         |
| 17. | Sta 17 | 15.5  | 12.67          | 0.22         |
| 18. | Sta 18 | 13.56 | 11.07          | 0.22         |
| 19. | Sta 19 | 15.67 | 11.73          | 0.34         |
| 20. | Sta 20 | 14.57 | 11.47          | 0.27         |
|     |        |       | <b>MRE (%)</b> | <b>13.82</b> |

#### Uji Akurasi Hasil Pemodelan MPT

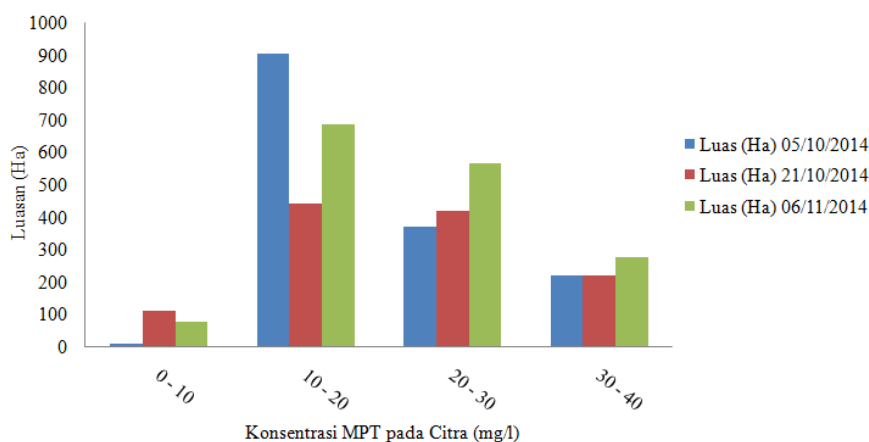
Untuk mengetahui apakah data citra satelit dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi di lapangan dengan perbandingan nilai-nilai MPT yang telah dianalisa melalui proses laboratorium. Maka dari itu digunakan analisa dan perhitungan statistik melalui regresi linier sederhana. Gambar 5 menunjukkan perhitungan statistik regresi linier sederhana antara nilai MPT yang dihasilkan pada citra dengan nilai MPT yang telah diuji pada laboratorium, pada Gambar 5 diperoleh nilai  $R^2$  sebesar 0,98. Nilai  $R^2$  sebesar 0,98 yang diperoleh dari perhitungan tersebut menyatakan bahwa data citra memiliki nilai dalam memprediksi konsentrasi MPT di lapangan sebesar 98 %.



**Gambar 5.** Hubungan antara MPT hasil Pengolahan Data Citra Satelit dan MPT di Lapangan

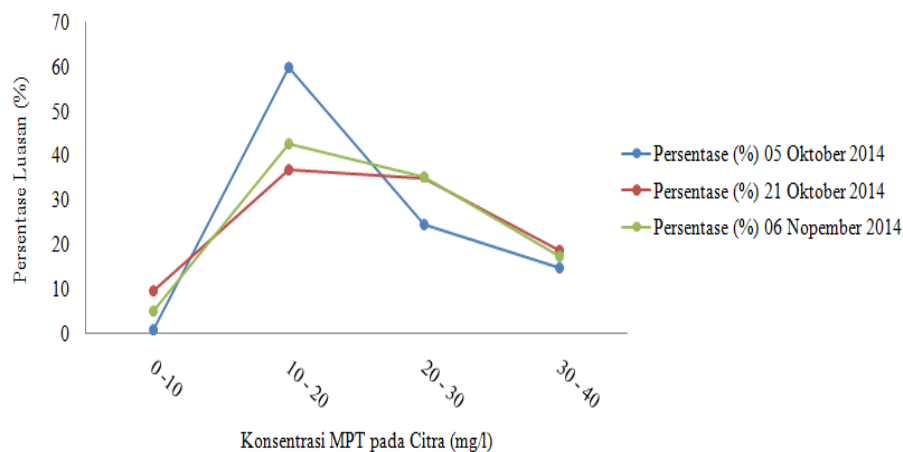
### Luas dan Persentase Konsentrasi Material Padatan Tersuspensi di Pelabuhan Semayang Teluk Balikpapan

Berdasarkan citra satelit 5 Oktober 2014 luasan perairan yang termasuk dalam klasifikasi sangat rendah memiliki luas 12,34 ha, klasifikasi rendah memiliki luas 905,67 ha, klasifikasi sedang memiliki luas 372,19 ha, klasifikasi tinggi memiliki luas 222,45 ha. Berdasarkan citra satelit 21 Oktober 2014 luasan perairan yang termasuk dalam klasifikasi sangat rendah 113,74 ha, klasifikasi rendah memiliki luas 441,93 ha, klasifikasi sedang memiliki luas 419,27 ha, klasifikasi tinggi memiliki luas 222,73 ha. Berdasarkan citra satelit 6 November 2014 didapati luasan klasifikasi sangat rendah memiliki luas 79,36 ha, klasifikasi rendah memiliki luas 686,57 ha, klasifikasi sedang memiliki luas 565,90 ha, klasifikasi tinggi memiliki luas 277,39 ha (Gambar 6).



Gambar 6. Luasan nilai MPT Perairan Pelabuhan Semayang

Berdasarkan interpretasi visual daerah dengan tingkat MPT tinggi berada pada daerah sebelah timur Kab. Penajam yang menuju keluar Teluk Balikpapan. Selain itu daerah dengan tingkat MPT yang tinggi didapati pula pada daerah sekitar Pelabuhan Semayang, yang merupakan daerah dengan aktivitas manusia yang tergolong tinggi. Berdasarkan hasil pengolahan citra didapati perbandingan luasan tiap kelas pada tiap bulan yang berbeda, citra 5 Oktober 2014 menunjukkan bahwa luasan terbesar berada pada kelas rendah (10-20 mg/l) yang meliputi 59,87 % daerah perairan, citra 21 Oktober 2014 menunjukkan bahwa luasan terbesar berada pada kelas rendah (10-20 mg/l) yang meliputi 36,90 % daerah perairan, sedangkan citra 6 November 2014 menunjukkan nilai luasan terbesar berada pada kelas rendah (10-20 mg/l) yang meliputi 42,66 % daerah perairan (Gambar 7).



Gambar 7. Perbandingan Persentase Luasan MPT Perairan Pelabuhan Semayang

#### **4. Pembahasan**

##### **Sebaran Konsentrasi Material Padatan Tersuspensi**

Dengan analisis spasial dari citra satelit Landsat-8 dapat diketahui sebaran material padatan tersuspensi di Teluk Balikpapan. Citra satelit Landsat-8 yang telah dipilih dilakukan proses pengolahan menggunakan algoritma yang telah ada sebelumnya, sehingga akan didapati nilai kisaran material padatan tersuspensi di perairan Teluk Balikpapan. Dari hasil analisa citra satelit Landsat-8 didapatkan nilai material padatan tersuspensi berkisar 0-40 mg/l pada hasil pengolahan citra. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Budhiman (2004) yang berlokasi di perairan Delta Mahakam Kalimantan Timur didapati hasil konsentrasi MPT yakni berkisar 0-75 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi MPT di perairan Kalimantan Timur tergolong tidak terlalu tinggi. Pada pengukuran MPT di lapangan (Tabel 1) didapati nilai tertinggi yakni pada stasiun 2 yang merupakan stasiun yang relatif dekat dengan Pelabuhan Semayang, Balikpapan. Sedangkan untuk nilai MPT terendah terdapat pada stasiun 18 yang lokasinya jauh dari daratan. Lokasi pengambilan sampel yang jauh atau dekat dengan daratan atau aktivitas lainnya turut menjadi faktor adanya perbedaan nilai konsentrasi MPT.

Pola sebaran MPT di perairan Teluk Balikpapan sangat dinamis, hal ini ditandai dengan luasan MPT yang terus berubah-ubah dari waktu ke waktu baik peningkatan ataupun penurunan luasan konsentrasi MPT. Hal tersebut menyebabkan bentuk pola sebaran MPT menjadi acak dengan dominansi konsentrasi di lokasi-lokasi tertentu, Seperti pada daerah sebelah timur Kabupaten Penajam dan daerah sekitar Pelabuhan Semayang Balikpapan dimana konsentrasi MPT cenderung memanjang di sisi kanan dan kiri dari bagian ujung teluk yang menuju keluar Teluk Balikpapan. Sebaran MPT juga dipengaruhi faktor-faktor oseanografi seperti arus dan pasang surut. Arus yang ada di sekitar Pelabuhan Semayang tidak terlalu kuat sehingga konsentrasi MPT akan berkurang. Pengaruh arus dan pasang surut terhadap pola MPT di Teluk Balikpapan tidak terlihat signifikan, hal ini dapat dikarenakan adanya faktor-faktor penyebab lain yang mempengaruhi kondisi pola MPT di Teluk Balikpapan.

##### **Uji Akurasi dan Kesalahan Relatif**

Verifikasi dilakukan dengan melakukan pengolahan data menggunakan citra Landsat-8 dan pengukuran data lapangan. Dari pengukuran dan pengolahan citra Landsat-8 dilakukan regresi antara data pengolahan citra dan data lapangan didapati persamaan regresi  $y = 0,901x + 0,795$ . Koefisien regresi yang didapat sebesar 0,98, hal ini menunjukkan bahwa 98 % material padatan tersuspensi di perairan Teluk Balikpapan ini dapat dijelaskan dengan menggunakan persamaan tersebut. Sedangkan sekitar 2% sebaran sedimen tersuspensi tidak dapat dijelaskan dengan menggunakan persamaan ini. Hal ini dapat dikarenakan perbedaan waktu perekaman dan waktu pengambilan data lapangan. Nilai *Mean Relative Error* pada model algoritma yang dipakai juga relative kecil yakni sebesar 13,82 % sehingga algoritma yang digunakan dapat digunakan untuk memodelkan sebaran MPT di Perairan Teluk Balikpapan.

#### **5. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil yakni nilai MPT yang terdapat pada perairan Teluk Balikpapan berkisar antara 0-40 mg/l. Pengolahan menggunakan citra satelit Landsat-8 dihasilkan korelasi yang cukup tinggi terhadap konsentrasi MPT yakni sebesar 98 %. Pola sebaran konsentrasi MPT sangat dinamis dengan pola yang acak dengan dominansi konsentrasi di lokasi-lokasi tertentu. Sebaran konsentrasi MPT relatif tinggi ditemukan pada daerah muara sungai serta daerah sekitar pantai, diantaranya di sebelah Timur Kab Penajam dan perairan Pelabuhan Semayang menuju keluar Teluk Balikpapan yang memiliki pola memanjang.



### **Ucapan Terimakasih**

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Pusat Pengelolaan Ekoregion Kementerian Lingkungan Hidup Balikpapan Kalimantan Timur atas fasilitas yang diberikan selama penelitian ini berlangsung, serta kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan artikel ini.

### **Daftar Pustaka**

- Budhiman, S. 2004. Mapping TSM Concentrations from Multisensor Satellite Images in Turbid Tropoical Coastal Waters of Mahakam Delta-Indonesia. Netherland. 81pp.
- Chester, R. 1990. Marine Geochemistry. Unwin Hyman Ltd, London. 256pp.
- Effendi, H. 2000. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB. Bogor. 258 hlm.
- Lestari, I. B. 2009. Pendugaan Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) dan Transparansi Perairan Teluk Jakarta dengan Citra Satelit Landsat. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Prahasta, E. 2008. Remote Sensing: Praktis Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Digital dengan Perangkat Lunak ER Mapper. Bandung: Informatika Bandung. 406 hlm.
- Ritchie J.C., Schiebe F.R. and McHenry J.R. 1976. Remote Sensing of Suspended Sediment in Surface Water. Int. Journal. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol. 42 No. 2, 1539-1545pp.
- Sudjana, M.M. 1992. Metode Statistika. Tarsito, Bandung.
- Sugiono. 2009. Statistik untuk Penelitian. Alfabeta. Bandung. 151 hlm.
- Susiati, H., E. Kusratmoko., dan A Poniman. 2010. Pola Sebaran Sedimen Tersuspensi Melalui Pendekatan Penginderaan Jauh di Perairan Pesisir Semenanjung Muria-Jepara.BATAN. Jakarta. 72-7pp.