

**PENDUGAAN KONSENTRASI KLOOROFIL-A DARI CITRA SATELIT  
LANDSAT 8 DI PERAIRAN KOTA JAYAPURA**

***ESTIMATION OF CHLOROPHYLL-A CONCENTRATION FROM  
LANDSAT 8 SATELLITE IMAGE ON JAYAPURA WATERS***

**Baigo Hamuna dan Lisiard Dimara**

Program Studi Ilmu Kelautan, FMIPA, Universitas Cenderawasih, Indonesia

Email: bhamuna@unicen.ac.id

Registrasi: 21 November 2016; Diterima setelah perbaikan: 31 Mei 2017;

Disetujui terbit: 6 Juni 2017

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menduga dan menganalisis konsentrasi klorofil-a dari citra satelit Landsat 8 di perairan Kota Jayapura, Provinsi Papua dan mengkaji tingkat akurasinya dengan nilai klorofil-a hasil pengujian laboratorium. Penelitian ini telah menghasilkan algoritma untuk pendugaan konsentrasi klorofil-a dari citra satelit Landsat 8 untuk perairan Kota Jayapura dalam bentuk persamaan polynomial orde 3 dengan menggunakan kombinasi rasio band 4, 5 dan 6 dengan tingkat akurasi 0.9242. Konsentrasi klorofil-a di perairan Kota Jayapura dari citra satelit Landsat 8 berkisar antara 1.306 – 15.072 mg/m<sup>3</sup>, dimana perairan pesisir cenderung memiliki konsentrasi klorofil-a yang lebih tinggi dibandingkan perairan lepas pantai. Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a citra satelit akurat dengan RMSE yang kecil yaitu 0.283761. Sedangkan dari hasil uji-t dapat diketahui bahwa konsentrasi klorofil-a dari hasil pengolahan citra satelit dan hasil analisis laboratorium relatif sama dengan nilai signifikan 0.957.

**KATA KUNCI:** Algoritma, klorofil-a, Landsat 8, Perairan Kota Jayapura.

**ABSTRACT**

*This research aims to make estimation and analysis of chlorophyll-a concentration of Jayapura city waters, Papua Province from Landsat 8 satellite image, and assess the accuracy level by comparison to the laboratory testing. The Algorithm used in estimation of chlorophyll-a concentrations from a satellite image is determined from an equation between satellite image reflection values with the laboratory test results. The result of this research is a third order polynomial algorithm using band combination ratio 4, 5 and 6 with accuracy level of 0.9242. The concentrations of chlorophyll-a in Jayapura City waters from the images of Landsat 8 is around 1.306–15.072 mg/m<sup>3</sup>, the coastal waters tend to have a higher concentration of chlorophyll-a compared to the open waters. The accuracy test shows that the satellite images for chlorophyll-a concentration are accurate with a low RMSE 0.283761. The results of t-test of the satellite image of chlorophyll-a and the laboratory testing are relative similar giving a significant value of 0.957.*

**KEYWORDS:** Algorithm, chlorophyll-a, Jayapura Waters, Landsat 8.

## 1. PENDAHULUAN

Klorofil-a dapat diukur dengan memanfaatkan sifatnya yang dapat berpijar bila dirangsang dengan panjang gelombang cahaya tertentu. Selama ini pengukuran konsentrasi klorofil-a pada suatu perairan sering dilakukan secara *in situ* atau analisa laboratorium. Tentu saja untuk melakukannya diperlukan waktu yang relatif lama untuk mengumpulkan sampel dan dana yang cukup besar untuk analisa dan pengumpulan data.

Teknologi penginderaan jauh memiliki peran penting dalam mendukung dan menutupi kekurangan teknik pengambilan sampling secara konvensional. Teknik penginderaan jauh memiliki kemampuan yang tinggi dalam menganalisis area yang luas dan sulit ditempuh dengan cara konvensional dalam waktu yang singkat. Salah satu satelit penginderaan jauh yang dilengkapi dengan sensor yang dapat mendeteksi kandungan klorofil-a pada perairan adalah satelit Landsat. Citra satelit Landsat telah banyak digunakan untuk pendugaan kandungan konsentrasi klorofil-a perairan, antara lain Hanintyo dan Susilo (2016) dan Sidik *et al.* (2015) yang menggunakan citra Landsat 8, serta Nuriya *et al.* (2010) menggunakan citra Landsat 7. Ketiga penelitian tersebut untuk menduga konsentrasi klorofil-a di perairan laut. Sedangkan Bhirawa dan Jaelani (2015) menggunakan citra Landsat 7 untuk menduga konsentrasi klorofil-a di perairan danau.

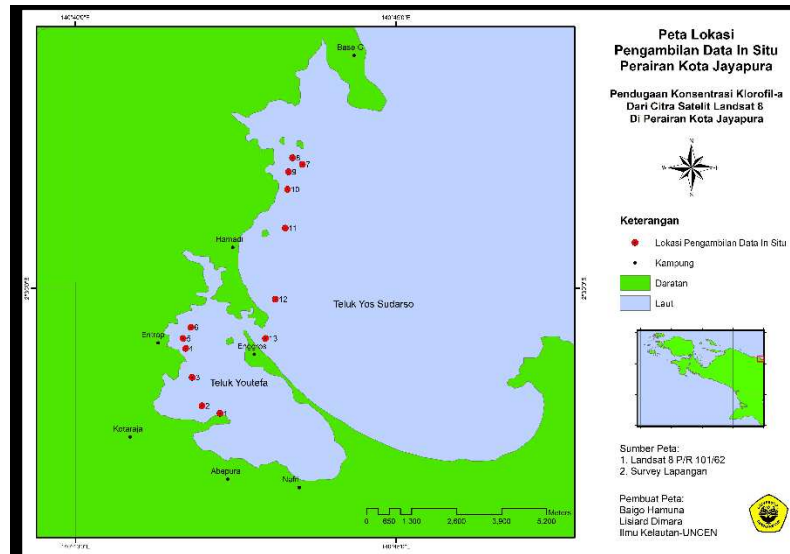
Sejauh ini, telah banyak algoritma klorofil-a yang dihasilkan oleh para

peneliti, namun algoritma tersebut hanya sesuai digunakan pada lingkup wilayah perairan yang dikaji dan tidak sesuai untuk wilayah perairan lainnya. Hal ini disebabkan karena suatu perairan akan memiliki karakteristik parameter-parameter oseanografi yang berbeda dengan perairan lainnya. Pengujian akurasi algoritma dilakukan untuk mengetahui sejauh mana citra satelit dapat memberikan informasi tentang klorofil perairan. Hasil uji akurasi nantinya akan dibandingkan dengan nilai klorofil-a yang telah diuji melalui analisis laboratorium. Algoritma tersebut sangat bermanfaat sehingga para peneliti-peneliti yang ingin mengkaji atau mengetahui kandungan konsentrasi klorofil-a di perairan Kota Jayapura tidak perlu turun langsung ke lokasi, sehingga dapat menghemat tenaga dan biaya.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk menentukan algoritma pendugaan nilai konsentrasi klorofil-a dari citra satelit Landsat 8 di perairan Kota Jayapura dan mengkaji keakuratannya dengan nilai klorofil-a hasil pengujian laboratorium.

## 2. BAHAN DAN METODE

Lokasi pengambilan data lapangan dilaksanakan di perairan Teluk Yos Sudarso dan Teluk Youtefa, Kota Jayapura, Provinsi Papua. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 30 Agustus 2016 yang disesuaikan dengan tanggal akuisisi Landsat 8 (*Path* 101 dan *Row* 62). Adapun lokasi pengambilan data lapangan ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan data lapangan

Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi peralatan lapangan antara lain GPS, plankton net dan botol sampel, serta peralatan laboratorium antara lain spektrofotometer untuk analisis klorofil-a. Sedangkan untuk pengolahan citra satelit Landsat 8 menggunakan software ENVI 5.1.

### Analisis Data

#### Perhitungan konsentrasi klorofil-a

Perhitungan konsentrasi klorofil-a dilakukan dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang 664, 647 dan 630 nm. Perhitungan klorofil-a dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Parsons *et al.*, 1984):

$$\text{Klorofil (mg/l)} = \frac{Ca \times Va}{V \times d}$$

di mana:

Va = volume aseton (ml)

V = volume sampel air yang disaring (ml)

d = diameter cuvet

Ca =  $(11.85 \times E_{664}) - (1.54 \times E_{647}) - (0.08 \times E_{630})$

E = absorbansi pada panjang gelombang yang berbeda (yang dikoreksi dengan panjang gelombang 750 nm)

Hasil perhitungan konsentrasi klorofil-a laboratorium kemudian dikonversi ke dalam satuan  $\text{mg/m}^3$ , agar satuan konsentrasi klorofil-a yang diperoleh sama dengan satuan konsentrasi klorofil-a hasil ekstraksi citra satelit Landsat 8.

### Analisis citra satelit

Sebelum citra satelit dianalisis, tahap awal yang dilakukan adalah tahap koreksi dan kalibrasi. Tahap koreksi terdiri atas koreksi geometrik yang dilakukan dengan menggunakan GCP (*Ground Control Points*) dan koreksi radiometrik menggunakan metode *dark pixel correction* yang bertujuan untuk memperbaiki nilai radiometrik (*pixel value*) serta untuk meningkatkan visualisasi citra akibat gangguan atmosferik.

Perlu dilakukan transformasi nilai pixel dalam bentuk nilai radians dan nilai reflektan untuk pembuatan algoritma. Koreksi TOA radians dilakukan untuk mengkonversi DN OLI menjadi nilai radians dengan menggunakan rumus:

$$L\lambda = M_L \times Q_{cal} + A_L$$

di mana :

$M_L$  = Faktor Skala  
 $A_L$  = Faktor Penambah  
 $L\lambda$  = Radians TOA yang belum terkoreksi  
 $Q_{cal}$  = Nilai Pixel (DN)

Koreksi TOA reflektan dilakukan untuk mengkonversi DN OLI menjadi reflektan menggunakan rumus:

$$\rho\lambda' = M\rho * Q_{cal} + A\rho$$

di mana:

$\rho\lambda'$  = Reflektan TOA yang belum terkoreksi sudut matahari

$M\rho$  = Faktor skala

$A\rho$  = Faktor penambah

$Q_{cal}$  = Nilai Pixel (DN)

Persamaan algoritma untuk menduga konsentrasi klorofil-a dari citra satelit diperoleh dari hasil output antara nilai reflektan dengan konsentrasi klorofil-a hasil pengujian laboratorium menggunakan persamaan-persamaan berikut:

Regresi Linear :  $y = a + bx$

Polynomial orde 2 :  $y = a + bx^2 + b_1x$

Polynomial orde 3 :  $y = a + bx^3 + b_1x^2 + b_2x$   
 Keeratan hubungan kedua variabel tersebut akan dilihat dari nilai determinasi ( $R^2$ ). Bila  $R^2$  mendekati +1 hubungan hubungan antara kedua variabel nilai adalah kuat, maka terdapat korelasi yang tinggi antara keduanya. Sebaliknya jika  $R^2$  mendekati 0, hubungan keduanya sangat lemah. Untuk menguji akurasi algoritma klorofil-a yang diperoleh, maka digunakan indeks *root mean square error* (RMSE). Semakin kecil nilai indeks RMSE maka data yang didapat semakin bagus dan akurat indeks RMSE dihitung menggunakan rumus berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_{esti,i} - X_{meas,i})^2}{N}}$$

di mana:

$X_{meas,i}$  = nilai ukuran (klorofil-a laboratorium)

$X_{esti,i}$  = nilai estimasi (klorofil-a citra Landsat 8)

$N$  = jumlah data yang digunakan untuk validasi

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN** **Konsentrasi Klorofil-a Pengujian** **Laboratorium**

Kandungan klorofil-a di perairan Kota Jayapura menunjukkan nilai yang tidak berbeda jauh antar stasiun penelitian, kecuali stasiun 1. Hal ini sangat ditentukan oleh keadaan lingkungan perairan setempat dan pengaruh dari tinggi rendahnya aktifitas di sekitar perairan tersebut. Dari hasil analisis, kandungan klorofil-a di permukaan perairan Kota Jayapura berkisar antara 2.120 – 6.569 mg/m<sup>3</sup>. Konsentrasi klorofil-a pada tertinggi pada stasiun 1 sebesar 6.569 mg/m<sup>3</sup>, sedangkan konsentrasi klorofil-a terendah pada stasiun 7 sebesar 2.120 mg/m<sup>3</sup>. Berdasarkan uji statistik dengan menggunakan metode t-tes, maka dapat dinyatakan bahwa klorofil-a antar stasiun penelitian 58.6% berbeda nyata. Dalam hal ini terdapat 41.4% ketidaksesuaian dari asumsi perbedaan tersebut.

#### **Algoritma Klorofil-a Citra Satelit** **Landsat 8**

Penentuan algoritma klorofil-a suatu perairan, langkah awal yang perlu dilakukan adalah mencari nilai reflektan pada tiap band yang akan digunakan. Untuk mengetahui hubungan antara data konsentrasi klorofil-a dengan nilai reflektan, dibuat model persamaan untuk menduga algoritma yang tepat dengan menggunakan data klorofil-a hasil pengujian laboratorium sebagai variabel tidak bebas dan reflektan sebagai variabel bebas. Tabel 1 sampai Tabel 3 secara berturut-turut adalah model persamaan data klorofil-a dengan

nilai reflektan band tunggal dan rasio-band.

Tabel 1. R<sup>2</sup> untuk band (B) tunggal Landsat 8

Model Persamaan	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
$y = a+bx$	0.0456	0.0931	0.0603	0.0071	0.0527	0.0038	0.0001
$y = a+bx^2+b_1x$	0.0691	0.0956	0.0639	0.073	0.0118	0.0108	0.0358
$y = a+bx^3+b_1x^2+b_2x$	0.0178	0.0244	0.0255	0.084	0.267	0.134	0.114

Tabel 2. R<sup>2</sup> untuk kombinasi 2 band (B) Landsat 8

Model Persamaan	B1/B2	B1/B3	B1/B4	B1/B5	B1/B6	B1/B7	B2/B3
$y = a+bx$	0.0204	0.003	0.0521	0.0901	0.0677	0.0462	0.0977
$y = a+bx^2+b_1x$	0.0788	0.0764	0.078	0.0911	0.0827	0.0724	0.1061
$y = a+bx^3+b_1x^2+b_2x$	0.123	0.102	0.19	0.093	0.131	0.18	0.119
Model Persamaan	B2/B4	B2/B5	B2/B6	B2/B7	B3/B4	B3/B5	B3/B6
$y = a+bx$	0.1066	0.1638	0.1544	0.095	0.0727	0.1315	0.0907
$y = a+bx^2+b_1x$	0.1082	0.1835	0.1675	0.0979	0.0886	0.2904	0.2555
$y = a+bx^3+b_1x^2+b_2x$	0.215	0.333	0.203	0.24	0.243	0.557	0.275
Model Persamaan	B3/B7	B4/B5	B4/B6	B4/B7	B5/B6	B5/B7	B6/B7
$y = a+bx$	0.062	0.0758	0.0078	0.0137	0.1214	0.0603	0.004
$y = a+bx^2+b_1x$	0.0667	0.1168	0.0103	0.0908	0.1978	0.1213	0.0108
$y = a+bx^3+b_1x^2+b_2x$	0.263	0.331	0.16	0.091	0.224	0.297	0.134

Tabel 3. R<sup>2</sup> untuk kombinasi 3 band (B) Landsat 8

Model Persamaan	(B3+B4)/B5	(B3+B5)/B4	(B4+B5)/B3	(B4+B5)/B6	(B4+B6)/B5	(B6+B5)/B4
$y = a+bx$	0.1729	0.0269	0.1023	0.0407	0.2794	0.0018
$y = a+bx^2+b_1x$	0.538	0.0305	0.1742	0.0482	0.7533	0.0415
$y = a+bx^3+b_1x^2+b_2x$	0.7465	0.1542	0.1755	0.1577	<b>0.9242</b>	0.0431

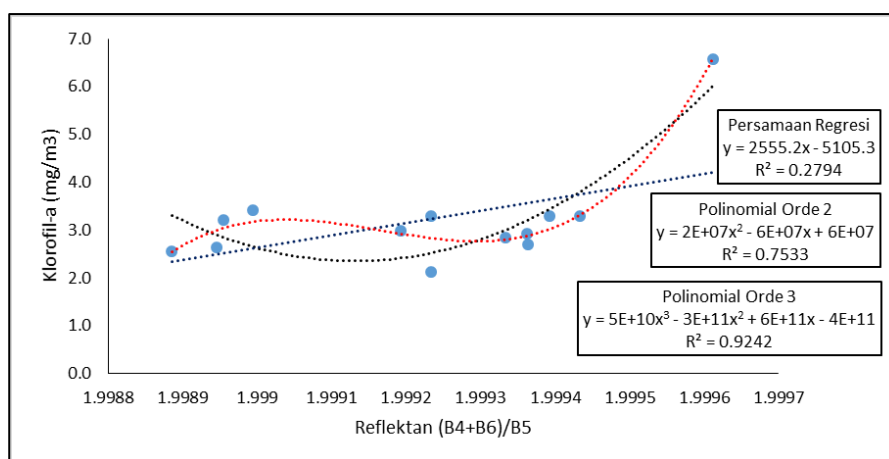
Persamaan polynomial orde 3 dengan kombinasi rasio band 4, 5 dan 6 memiliki nilai R<sup>2</sup> yang lebih tinggi yaitu sebesar 0.9294, dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0.9641. Nilai koefisien korelasi yang diperoleh menunjukkan bahwa hubungan antara nilai reflektan kombinasi rasio band 4, 5 dan 6 dengan konsentrasi klorofil-a hasil laboratorium adalah sangat kuat karena berada pada rentang 0.80-1.0 (Sugiyono, 2007). Nilai koefisien tersebut dapat berarti bahwa sebesar 96.41% nilai konsentrasi klorofil-a dapat dijelaskan dengan menggunakan persamaan tersebut, sehingga persamaan algoritma yang dihasilkan nantinya dapat digunakan sebagai algoritma untuk

menduga sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan Kota Jayapura pada penelitian ini.

Penggunaan persamaan polynomial orde 3 telah digunakan oleh Sidabutar (2009) untuk menduga model algoritma klorofil-a di perairan Teluk Jakarta menggunakan citra satelit Landsat 7 dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0.765. Kombinasi band untuk menduga model algoritma pada penelitian ini relatif sama dengan kombinasi band yang dikembangkan oleh Sidik *et al*, (2015). Dalam algoritma tersebut digunakan kombinasi band 4, 5 dan 6 Landsat 8 yang mengadopsi algoritma Nuriya *et al*, (2010) yang menggunakan kombinasi band 3, 4 dan 5 Landsat 7, dimana rasio

panjang gelombang band 3, 4 dan 5 pada Landsat 7 dengan band 4, 5 dan 6 pada Landsat 8 relatif sama. Adapun Jaelani *et al*, (2015) menggunakan kombinasi band 4 dan 5 Landsat 8 untuk menduga konsentrasi klorofil-a di perairan danau. Oleh karena itu, penggunaan band-band

tersebut dinilai cocok untuk menduga konsentrasi klorofil-a perairan. Adapun kurva hubungan nilai klorofil-a hasil pengujian laboratorium dengan reflektan kombinasi band pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Kurva hubungan klorofil-a pengujian laboratorium dengan nilai reflektan kombinasi rasio band 4, 5 dan 6 Landsat 8

### Konsentrasi Klorofil-a dari Citra Satelit Landsat 8

Nilai piksel konsentrasi klorofil-a yang diperoleh pada tiap stasiun penelitian berdasarkan citra satelit Landsat 8 disajikan pada Tabel 4. Dari hasil pengolahan data citra satelit Landsat 8 dengan menggunakan

algoritma yang telah dihasilkan sebelumnya, maka secara umum kandungan klorofil-a di perairan Kota Jayapura pada stasiun penelitian berkisar antara 2.540 mg/m<sup>3</sup> – 6,597 mg/m<sup>3</sup>, dengan konsentrasi klorofil-a tertinggi pada stasiun 1 dan terendah pada stasiun 8.

Tabel 4. Konsentrasi Klorofil-a Perairan Kota Jayapura

Stasiun	Koordinat		Konsentrasi Klorofil-a In Situ (mg/m <sup>3</sup> )	Konsentrasi Klorofil-a Citra Satelit (mg/m <sup>3</sup> )
1	S 02° 36.955'	E 140° 42.255'	6.569	6.597
2	S 02° 36.838'	E 140° 41.974'	2.848	2.808
3	S 02° 36.393'	E 140° 41.821'	3.284	3.027
4	S 02° 35.940'	E 140° 41.720'	3.284	3.315
5	S 02° 35.784'	E 140° 41.681'	2.702	2.889
6	S 02° 35.609'	E 140° 41.802'	2.629	2.997
7	S 02° 33.061'	E 140° 43.543'	2.120	2.836
8	S 02° 32.959'	E 140° 43.388'	2.557	2.540
9	S 02° 33.178'	E 140° 43.326'	3.284	2.836
10	S 02° 33.452'	E 140° 43.309'	3.423	3.177
11	S 02° 34.058'	E 140° 43.275'	3.212	3.046

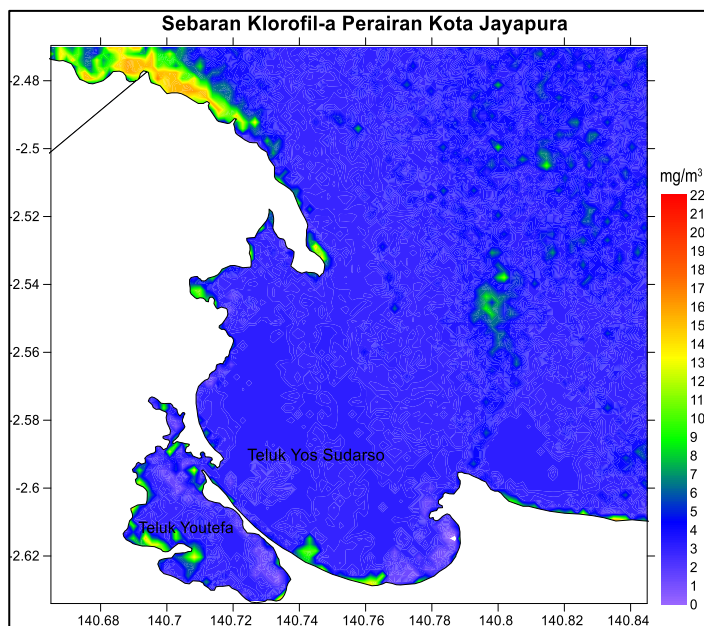
12	S 02° 35.171'	E 140° 43.120'	2.921	2.889
13	S 02° 35.784'	E 140° 42.965'	2.993	2.927

Berdasarkan data konsentrasi klorofil hasil analisis citra satelit Landsat 8 diatas dapat dibuat deskriptif statistik untuk mengetahui nilai rata-rata dari konsentrasi klorofil hasil analisis citra satelit. Rata-rata konsentrasi klorofil-a hasil pengolahan citra satelit adalah 3.22185 mg/m<sup>3</sup> dengan nilai minimum 2.540 mg/m<sup>3</sup> dan maksimum 6.597 mg/m<sup>3</sup>. Setelah diketahui nilai dari kedua analisis maka diadakan uji akurasi dengan menggunakan RMSE. Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a citra satelit akurat dengan RMSE yang kecil yaitu 0.283761. Sedangkan dari hasil uji-t bahwa konsentrasi klorofil-a dari hasil pengolahan citra satelit dan hasil analisis laboratorium relatif sama dengan nilai signifikan 0.957.

Berdasarkan hasil olah citra satelit Landsat 8 pada Gambar 3, sebaran spasial konsentrasi klorofil-a perairan Kota Jayapura berkisar antara 1.306 mg/m<sup>3</sup> - 15.072 mg/m<sup>3</sup>. Ditinjau dari kriteria status trofik suatu perairan pesisir berdasarkan konsentrasi klorofil-a menurut Vollenweider *et al.*

(1998), maka perairan Teluk Youtefa dan Teluk Yos Sudarso, Kota Jayapura sebagian besar tergolong dalam kategori mesotrofik dan eutrofik (klorofil-a <5 mg/m<sup>3</sup>). Adapun sebagian perairan tergolong dalam kategori hipereutrofik karena memiliki kisaran konsentrasi klorofil-a perairan >5 mg/m<sup>3</sup>.

Sebaran klorofil-a di perairan Kota Jayapura berbeda antara perairan pesisir atau pantai dengan perairan lepas pantai, dimana perairan pesisir atau pantai cenderung memiliki konsentrasi klorofil-a yang lebih tinggi dibandingkan perairan lepas pantai, terutama pada daerah pesisir perbatasan Kota Jayapura dan Kabupaten Jayapura dengan konsentrasi klorofil-a antara 7-15 mg/m<sup>3</sup>. Tingginya sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan pantai dan pesisir disebabkan karena adanya suplai nutrien dalam jumlah besar melalui *run-off* dari daratan, sedangkan rendahnya konsentrasi klorofil-a di perairan lepas pantai karena tidak adanya suplai nutrien dari daratan secara langsung (Hartuti *et al.*, 2004).



Gambar 3. Sebaran klorofil-a perairan Kota Jayapura dari citra Satelit Landsat 8

#### 4. KESIMPULAN

Persamaan algoritma untuk menduga konsentrasi klorofil-a dari citra satelit Landsat 8 di Perairan Kota Jayapura adalah persamaan polynomial orde 3 dari kombinasi rasio band 4, 5 dan 6 dengan tingkat akurasi 0.9242. Konsentrasi klorofil-a di perairan Kota Jayapura berkisar antara 1.306 – 15.072 mg/m<sup>3</sup>, dimana perairan pesisir cenderung memiliki konsentrasi klorofil-a yang lebih tinggi dibandingkan perairan lepas pantai. Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a citra satelit akurat dengan RMSE yang kecil yaitu 0.283761. Sedangkan dari hasil uji-t bahwa konsentrasi klorofil-a dari hasil pengolahan citra satelit dan hasil analisis laboratorium relatif sama dengan nilai signifikan 0.957.

#### DAFTAR PUSTAKA

Bhirawa JR, Jaelani LM. 2015. Perbandingan nilai klorofil-a menggunakan citra landsat dan

meris di Danau Sentani, Jayapura. *Geoid.11(1)*: 79-84.

Fitra F, Zakaria IJ, Syamsuardi. 2013. Produktivitas primer fitoplankton di Teluk Bungus. *Jurnal Biologika. 2(1)*: 59-66.

Hanintyo R, Susilo E. 2016. Comparison of chlorophyll-a measurement using multi spatial imagery and numerical model in Bali Strait. *2nd International Conference of Indonesian Society for Remote Sensing (ICOIRS) 2016. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 47*.

Hartuti M, Prayogi W, Mulyaningsih, Manoppo A. 2004. *Implementasi dan Pembinaan Aplikasi Informasi Zona Potensi Penangkapan Ikan di Situbondo dan Makasar*. Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh. Jakarta: LAPAN.

Jaelani LM, Fajar S, Hendro W, Apip. 2015. Pemetaan distribusi spasial konsentrasi klorofil-a dengan landsat 8 di Danau Matano dan Danau Towuti, Sulawesi Selatan. *Prosiding Pertemuan Ilmiah*



- Tahunan Masyarakat Ahli Penginderaan Jauh Indonesia (MAPIN) XX, Bogor, 5-6 Feb 2015.*
- Nuriya H, Hidayah Z, Nugraha WA. 2010. Pengukuran konsentrasi klorofil-a dengan pengolahan citra landsat ETM-7 dan uji laboratorium di perairan Selat Madura bagian barat. *Jurnal Kelautan*. 3(1): 60-65.
- Parsons TR, Takeshi M, Agrave B. 1984. *Biological Oceanographic Processes*. Third Edition. Oxford: Pergamon Press.
- Sidabutar DNR. 2009. Pendugaan Konsentrasi Klorofil-A dan Transparansi Perairan Teluk Jakarta dengan Citra Satelit Landsat [skripsi]. Bogor: IPB.
- Sidik A, Agussalim A, Ridho MR. 2015. Akurasi nilai konsentrasi klorofil-a dan suhu permukaan laut menggunakan data penginderaan jauh di perairan Pulau Alanggantang Taman Nasional Sembilang. *Maspri Journal*. 7(2):25-32.
- Sugiyono. 2007. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Vollenweider RA, Giovanardi F, Motanari G, Rinaldi A. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Journal Enviromentric*. 9(1):329-357.

**Baigo Hamuna dan Lisiard Dimara**  
**Pendugaan Konsentrasi Klorofil-a dari**  
**Citra Satelit Landsat 8 di Perairan Kota Jayapura**