

ALGORITMA KLOOROFIL-a DARI CITRA SATELIT LANDSAT 8 DAN HUBUNGANNYA DENGAN KELIMPAHAN FITOPLANKTON DI PERAIRAN KOTA JAYAPURA

Lisiard Dimara¹ dan Baigo Hamuna²

^{1,2} Program Studi Ilmu Kelautan, FMIPA, Universitas Cenderawasih

¹ Email: dimaralisiard@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan algoritma yang tepat untuk mengetahui konsentrasi klorofil-a dari citra satelit Landsat 8 yang nantinya dapat digunakan untuk menentukan tingkat produktivitas di perairan Kota Jayapura, Papua. Setelah algoritma diketahui, maka perlu dilakukan pengujian hubungan konsentrasi klorofil-a dengan kelimpahan fitoplankton. 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 yang menggunakan 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/m³, dimana perairan pesisir atau pantai cenderung memiliki konsentrasi klorofil-a yang lebih tinggi dibandingkan perairan lepas pantai. Kelimpahan fitoplankton mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a di perairan Kota Jayapura dengan tingkat korelasi yang cukup kuat baik hasil analisis laboratorium maupun hasil analisis citra satelit dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0.62 untuk hubungan fitoplankton dengan konsentrasi klorofil-a hasil analisis laboratorium, sedangkan untuk hubungan fitoplankton dengan hasil konsentrasi klorofil-a hasil analisis citra satelit Landsat 8 diperoleh nilai koefisien korelasi sebesar 0.57.

Kata Kunci: Perairan Kota Jayapura, Algoritma, Klorofil-a, Landsat 8

PENDAHULUAN

Fitoplankton di dalam ekosistem berperan sebagai pengubah zat-zat anorganik menjadi zat-zat organik melalui proses fotosintesis yang kemudian dapat menentukan produktivitas perairan. Proses fotosintesis memerlukan klorofil, sehingga kandungan klorofil-a pada fitoplankton itu sendiri dapat dijadikan indikator tinggi rendahnya produktivitas suatu perairan. Pertumbuhan fitoplankton secara tidak langsung akan mempengaruhi konsentrasi klorofil-a suatu perairan. Dalam mata rantai makanan (*food chain*) di perairan, fitoplankton mempunyai fungsi sebagai produsen primer dimana organisme ini mampu mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik melalui proses fotosintesis, untuk itu maka kandungan

klorofil-a digunakan sebagai *standing stock* fitoplankton yang dapat dijadikan produktivitas primer suatu perairan (Pugesehan, 2010).

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. Apabila ingin mendapatkan profil klorofil untuk suatu perairan yang luas, maka pengukuran klorofil dengan metode tersebut perlu menggunakan banyak titik sampel dan dilakukan berulang kali. 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. Teknologi inderaja didefinisikan sebagai ilmu, teknologi, dan seni untuk mendeteksi dan/atau mengukur obyek atau fenomena di bumi tanpa menyentuh obyek itu sendiri (Susilo dan Gaol, 2008). 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 8.

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.

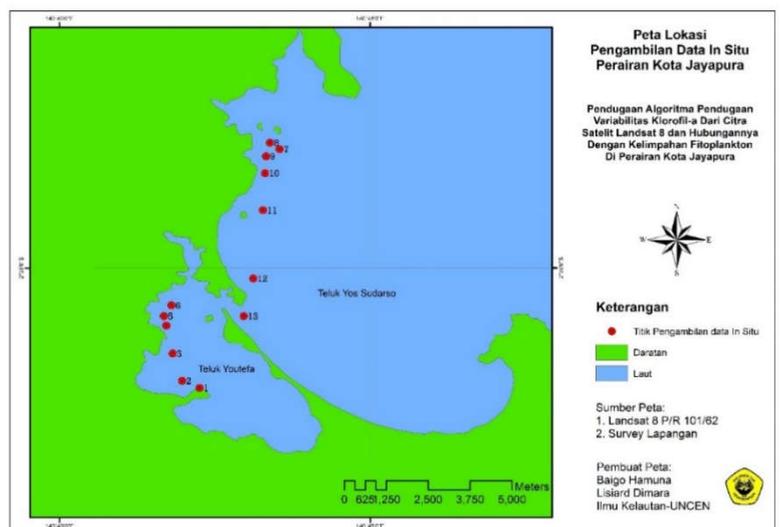
Bersadarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk menentukan algoritma untuk mengetahui

nilai konsentrasi klorofil-a dari citra satelit Landsat 8 dan mengkaji keakuratannya dengan nilai klorofil-a hasil pengujian laboratorium, serta untuk mengetahui hubungan konsentrasi klorofil-a yang dihasilkan baik dari hasil uji laboratorium dan algoritma klorofil-a dengan kelimpahan fitoplankton di perairan Kota Jayapura.

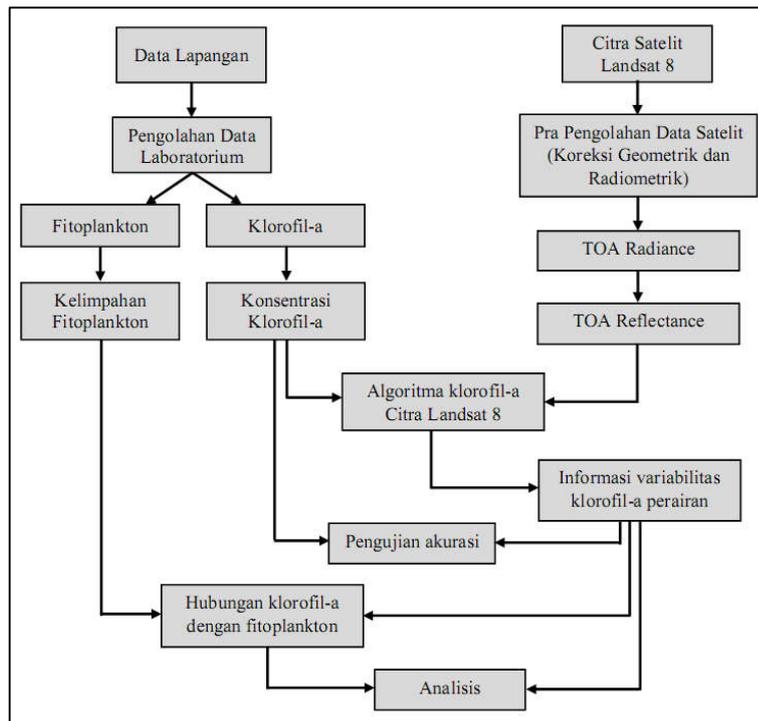
METODE PENELITIAN

Lokasi pengambilan data lapangan akan 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. Adapun lokasi pengambilan data lapangan ditampilkan pada Gambar 1.

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 dan mikroskop untuk analisis fitoplankton. Sedangkan untuk pengolahan citra satelit Landsat 8 menggunakan software ENVI 5.1.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan data lapangan



Gambar 2. Diagram alir tahapan penelitian

Secara garis besar, penelitian ini terdiri dari empat tahapan proses yang dimulai dari tahap pengumpulan data, pra pengolahan data, pengolahan data serta analisis dan pembahasan hasil. Tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada bagan alir pada gambar 2.

Analisis Data

TOA radiance

Konversi DN OLI radians lapisan atas atmosfer menggunakan rumus sebagai berikut;

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

Dimana :

M_L = Faktor Skala
(RADIANCE_MULT_BAND)

A_L = Faktor Penambah
(RADIANCE_ADD_BAND)

$L\lambda$ = Radians TOA yang belum terkoreksi

Q_{cal} = Nilai Pixel (DN)

TOA reflectance

Konversi DN OLI Reflectance Lapisan Atas Atmosfer menggunakan rumus sebagai berikut;

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

Dimana:

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

$M\rho$ = Faktor skala (band specific multiplicative rescaling faktor)

$A\rho$ = Faktor penambah (band specific additive rescaling faktor)

Q_{cal} = Nilai Pixel (DN)

Algoritma diperoleh dari hasil output persamaan regresi antara data *Reflectance* dengan konsentrasi klorofil hasil pengujian laboratorium dengan 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 (*TOA Reflectance* dan klorofil-a laboratorium) 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. Persamaan diatas

dapat bertujuan untuk menentukan algoritma yang akurat untuk mengolah data citra Landsat 8 untuk mendeteksi konsentrasi klorofil-a khususnya pada wilayah kajian.

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:

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

Dimana:

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

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

N = jumlah data yang digunakan untuk validasi

Untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi klorofil-a dengan kelimpahan fitoplankton, maka dilakukan analisis regresi dan analisis korelasi. Analisis regresi dimaksudkan untuk melihat bentuk hubungan antara kedua variabel, yaitu x dan y (konsentrasi

klorofil-a dan kelimpahan fitoplankton), sedangkan analisis korelasi dimaksudkan untuk mengukur kekuatan hubungan antara kedua variabel tersebut (konsentrasi klorofil-a dan kelimpahan fitoplankton).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Klorofil-a Pengujian Laboratorium

Hasil pengukuran konsentrasi klorofil-a pengujian laboratorium dapat dilihat pada Tabel 1. Kandungan klorofil-a di perairan Kota Jayapura menunjukkan nilai yang jauh berbeda antar stasiun penelitian, hal ini sangat ditentukan oleh keadaan lingkungan perairan setempat dan pengaruh dari tinggi rendahnya aktifitas di sekitar perairan tersebut. Dari hasil analisa, kandungan klorofil-a di permukaan perairan Kota Jayapura berkisar antara 2.120-6.569 mg/m³. Konsentrasi klorofil-a pada paling tinggi pada stasiun 1 sebesar 6.569 mg/m³ dan stasiun 10 sebesar 6.423 mg/m³, sedangkan konsentrasi klorofil-a terendah pada stasiun 7 sebesar 2.120 mg/m³. Jika ditinjau dari kriteria perairan menurut Basmi (2000) bahwa kandungan klorofil-a pada wilayah kajian secara keseluruhan tergolong kedalam Mesotrofik.

Tabel 1. Konsentrasi Klorofil-a Perairan Kota Jayapura Hasil Pengujian Laboratorium

Stasiun	Koordinat		Konsentrasi Klorofil-a (mg/m ³)
1	S 02° 36.955'	E 140° 42.255'	6.569
2	S 02° 36.838'	E 140° 41.974'	2.848
3	S 02° 36.393'	E 140° 41.821'	3.284
4	S 02° 35.940'	E 140° 41.720'	3.284
5	S 02° 35.784'	E 140° 41.681'	2.702
6	S 02° 35.609'	E 140° 41.802'	2.629
7	S 02° 33.061'	E 140° 43.543'	2.120
8	S 02° 32.959'	E 140° 43.388'	2.557
9	S 02° 33.178'	E 140° 43.326'	3.284
10	S 02° 33.452'	E 140° 43.309'	3.423
11	S 02° 34.058'	E 140° 43.275'	3.212
12	S 02° 35.171'	E 140° 43.120'	2.921
13	S 02° 35.784'	E 140° 42.965'	2.993

Hasil analisa menunjukkan terdapat perbedaan yang nyata antara 13 stasiun penelitian. 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. Dari data konsentrasi klorofil-a in situ diatas dapat dibuat deskriptif statistik untuk mengetahui nilai rata-rata dari konsentrasi klorofil-a in situ hasil analisis laboratorium. Rata-rata nilai konsentrasi klorofil-a adalah 3.294 mg/m^3 , dengan nilai minimum 2.120 mg/m^3 dan nilai maksimum 6.569 mg/m^3 .

Klorofil-a Citra Satelit Landsat 8

Untuk menentukan algoritma klorofil-a suatu perairan, langkah awal yang perlu dilakukan adalah mengetahui nilai reflektan permukaan band citra satelit yang akan digunakan tiap stasiun pengamatan. Nilai reflectan adalah persentase energi yang dipantulkan obyek dari total energi yang diterima obyek per

satuan luas. Nilai reflectan ini tidak memiliki satuan dan biasanya diukur berdasarkan persentase. Gambar 4 menunjukkan sebaran nilai reflectan permukaan dari citra satelit Landsat 8 kombinasi rasio band 4, 5 dan 6, sedangkan Tabel 2 berikut menunjukkan nilai reflektan permukaan band 1 hingga band 7 citra Landsat 8 pada tiap stasiun pengamatan.

Untuk mengetahui hubungan antara data konsentrasi klorofil-a dan 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 3 sampai Tabel 5 secara berturut-turut adalah model persamaan data klorofil-a dengan nilai reflectan band tunggal dan rasio-band.

Tabel 2. Nilai Reflektan Permukaan Band 1-7 Citra Satelit Landsat 8

Stasiun	Band						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0.100848	0.100831	0.100755	0.100121	0.100464	0.100768	0.100045
2	0.100898	0.100867	0.100782	0.100128	0.100498	0.100801	0.100046
3	0.100848	0.100815	0.100743	0.10012	0.100465	0.100749	0.100044
4	0.100881	0.100843	0.100768	0.100126	0.100485	0.100787	0.100046
5	0.100887	0.10085	0.100771	0.100127	0.100493	0.100795	0.100046
6	0.100703	0.100735	0.100711	0.100129	0.100501	0.100767	0.100047
7	0.100841	0.100747	0.100685	0.100121	0.100479	0.10076	0.100044
8	0.100695	0.100672	0.100654	0.100122	0.100488	0.100742	0.100045
9	0.100807	0.100715	0.100666	0.100123	0.100481	0.100762	0.100045
10	0.10081	0.100728	0.100627	0.100123	0.100487	0.10075	0.100045
11	0.100811	0.100757	0.100702	0.100127	0.100508	0.100784	0.100046
12	0.100775	0.100711	0.100666	0.100118	0.100462	0.100742	0.100044
13	0.100659	0.100653	0.100626	0.100107	0.100424	0.10066	0.100041

Tabel 3. R² untuk Band 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 4. R² untuk Kombinasi 2 Band 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

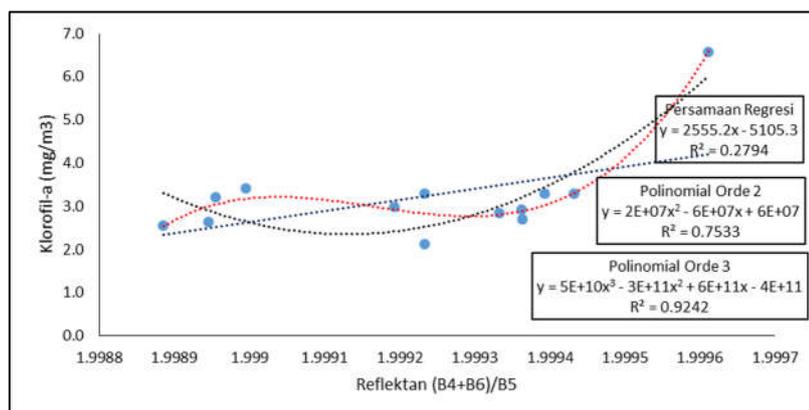
Tabel 5. R² untuk Kombinasi 3 Band Landsat 8

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	0.9242	0.0431

Persamaan polynomial orde 3 dengan kombinasi rasio band 4, 5 dan 6 memiliki nilai R² yang lebih tinggi yaitu sebesar 0.9294, dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0.9641. Nilai koefisien korelasi yang diperoleh menunjukkan bahwa hubungan antara nilai reflectan 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 algoritma 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 dengan menggunakan kombinasi kromatisasi merah (band 1, 2 dan 3) Landsat 7 dengan nilai R² sebesar 0.765. Kombinasi band untuk menduga model algoritma pada penelitian ini relatif sama dengan kombinasi band yang dikembangkan oleh Sidik *et al*, (2015) yang menggunakan 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. Selain itu, 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 in situ dengan reflectan kombinasi band pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva hubungan klorofil-a laboratorium dengan nilai reflectan kombinasi rasio band 4, 5 dan 6 Landsat 8

Dari Gambar 3 diatas, dapat disimpulkan model polinomial orde 3 dapat digunakan sebagai model penduga konsentrasi klorofil-a perairan Kota Jayapura dengan bentuk persamaan sebagai berikut:

$$y = 5,40 \times 10^{10} x^3 - 3,24 \times 10^{11} x^2 + 6,48 \times 10^{11} x - 4,32 \times 10^{11}$$

dimana:

y = Konsentrasi klorofil-a (mg/m^3)

x = Nilai reflectan kombinasi band ((B4+B6)/B5)

Konsentrasi Klorofil-a Citra Satelit Landsat 8

Nilai piksel konsentrasi klorofil-a yang diperoleh pada tiap stasiun penelitian berdasarkan citra satelit Landsat 8 disajikan pada Tabel 6. 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 $2.540 \text{ mg}/\text{m}^3$ sampai $6,597 \text{ mg}/\text{m}^3$, dengan konsentrasi klorofil-a tertinggi pada stasiun 1 dan terendah pada stasiun 8.

Tabel 6. Konsentrasi Klorofil-a Berdasarkan Citra Satelit Landsat 8

Stasiun	Koordinat		Konsentrasi Klorofil-a (mg/m^3)
1	S 02° 36.955'	E 140° 42.255'	6.597
2	S 02° 36.838'	E 140° 41.974'	2.808
3	S 02° 36.393'	E 140° 41.821'	3.027
4	S 02° 35.940'	E 140° 41.720'	3.315
5	S 02° 35.784'	E 140° 41.681'	2.889
6	S 02° 35.609'	E 140° 41.802'	2.997
7	S 02° 33.061'	E 140° 43.543'	2.836
8	S 02° 32.959'	E 140° 43.388'	2.540
9	S 02° 33.178'	E 140° 43.326'	2.836
10	S 02° 33.452'	E 140° 43.309'	3.177
11	S 02° 34.058'	E 140° 43.275'	3.046
12	S 02° 35.171'	E 140° 43.120'	2.889
13	S 02° 35.784'	E 140° 42.965'	2.927

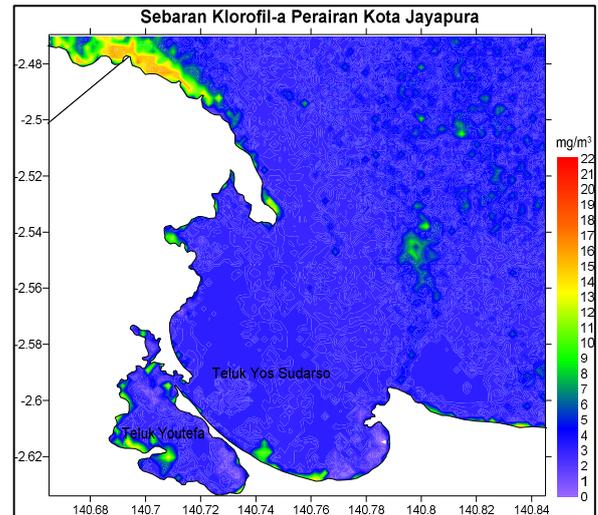
Dari data konsentrasi klorofil hasil analisis citra satelit Landsat 8 diatas dapat dibuat deskriptif statistik untuk mengetahui nilai rata-rata dari konsentrasi klorofil hasil analisis citra satelit. Rata-rata konsentrasi klorofil-a hasil pengolahan citra satelit adalah 3.22185 mg/m³ dengan nilai minimum 2.540 mg/m³ dan nilai maksimum 6.597 mg/m³. Standar Error (SE) sebesar 0.286046, dan Standar Deviasi (SD) adalah 1.031352, dengan range 4.057. Setelah diketahui nilai dari kedua analisis maka diadakan uji analisis dengan menggunakan RMSE. RMSE mencerminkan perbedaan antara nilai data in situ dengan nilai hasil ekstraksi citra satelit. Hasil uji akurasi dengan menghitung RMSE yaitu 0.283761. Dari nilai RMSE yang didapat dapat disimpulkan bahwa data yang didapatkan adalah akurat yang dilihat dari nilai RMSE yang mendekati 0. Semakin kecil nilai RMS error maka data yang diperoleh semakin bagus dan akurat.

Untuk mengetahui data yang diolah dari hasil pengolahan citra maupun analisis laboratorium dapat menggunakan uji-t, dimana uji-t nantinya dapat memberikan informasi apakah data dari kedua analisis ini mirip atau tidak. Dari hasil uji-t dapat diketahui nilai signifikan adalah 0.957 (>0.05). Dari nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa konsentrasi klorofil-a dari hasil pengolahan citra satelit dan hasil analisis laboratorium relatif sama.

Sebaran Spasial Klorofil-a Perairan Kota Jayapura

Sebaran spasial klorofil-a di perairan bervariasi secara geografis maupun berdasarkan kedalaman perairan. Variasi tersebut diakibatkan oleh perbedaan intensitas cahaya matahari, dan konsentrasi nutrien yang terdapat di dalam suatu perairan (Hartuti *et al.*, 2004). Dari hasil olah citra satelit Landsat 8 pada Gambar 4, dapat diketahui bahwa sebaran konsentrasi klorofil-a perairan Kota Jayapura berkisar antara 1.306 mg/m³ hingga 15.072 mg/m³. Ditinjau dari kriteria perairan teluk dan muara

berdasarkan konsentrasi klorofil-a menurut Bohlen dan Boynton (1966) dalam Afdal dan Riyono (2008) maka perairan Teluk Youtefa dan Teluk Yos Sudarso, Kota Jayapura tergolong dalam perairan kategori normal karena memiliki kisaran nilai konsentrasi klorofil-a perairan dominan <15 mg/m³.



Gambar 4. Sebaran klorofil-a perairan Kota Jayapura dari citra Satelit Landsat 8

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/m³. Beberapa hasil penelitian mengungkapkan bahwa secara umum konsentrasi klorofil-a perairan laut lebih tinggi konsentrasinya pada perairan pantai dan pesisir, serta rendah di perairan lepas pantai. 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).

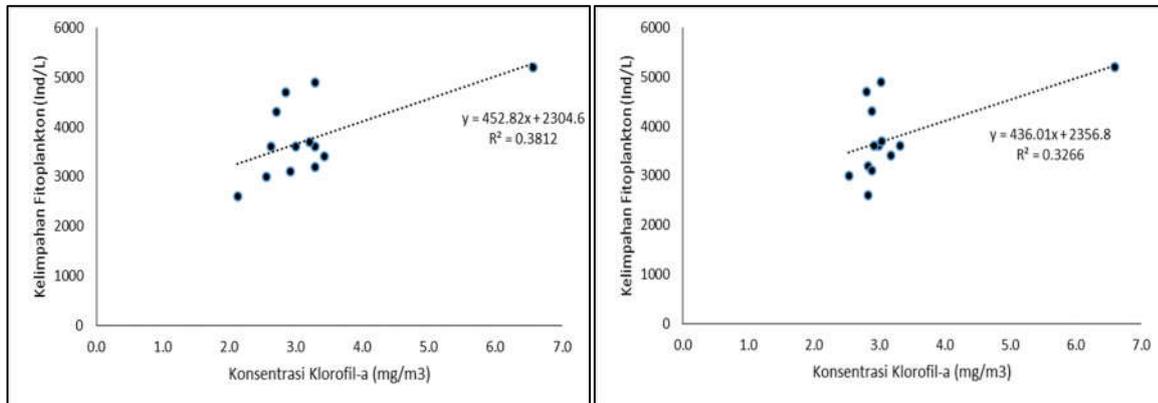
Hubungan Kelimpahan Fitoplankton dengan Konsentrasi Klorofil-a

Keberadaan fitoplankton pada suatu perairan sangat berkaitan erat dengan besar kecilnya kandungan klorofil yang berada di perairan tersebut, sehingga

kondisi tersebut dapat digunakan sebagai petunjuk untuk mengetahui tingkat produktivitas suatu perairan. Tabel 7 menunjukkan nilai kelimpahan fitoplankton pada tiap stasiun penelitian.

Tabel 7. Kelimpahan fitoplakton di perairan Kota Jayapura

Stasiun	Kelimpahan Fitoplakton (Ind/L)	Konsentrasi Klorofil-a in situ (mg/m ³)	Konsentrasi Klorofil-a Citra Satelit (mg/m ³)
1	5200	6.569	6.597
2	4700	2.848	2.808
3	4900	3.284	3.027
4	3600	3.284	3.315
5	4300	2.702	2.889
6	3600	2.629	2.997
7	2600	2.120	2.836
8	3000	2.557	2.540
9	3200	3.284	2.836
10	3400	3.423	3.177
11	3700	3.212	3.046
12	3100	2.921	2.889
13	3600	2.993	2.927



Gambar 5. Hubungan kelimpahan fitoplankton dengan konsentrasi klorofil-a hasil analisis laboratorium (atas) dan hasil analisis citra satelit Landsat 8 (bawah)

Untuk mengetahui hubungan antara kelimpahan fitoplankton di perairan Kota Jayapura dengan konsentrasi klorofil-a, maka salah satu metode yang tepat adalah dengan melihat nilai koefisien korelasi (R) dan koefisien determinasi (R²) pada persamaan regresi yang dihasilkan. Gambar 5 berikut menunjukkan hubungan antara kelimpahan fitoplankton dengan konsentrasi klorofil-a baik secara in situ hasil analisis laboratorium maupun hasil analisis citra satelit Landsat 8.

Kelimpahan fitoplankton mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a di perairan Kota Jayapura. Berdasarkan analisis korelasi dan regresi, diperoleh nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0.62 dan koefisien determinasi (R²) sebesar 0.38 untuk hubungan fitoplankton dengan konsentrasi klorofil-a hasil analisis laboratorium, sedangkan untuk hubungan fitoplankton dengan hasil konsentrasi klorofil-a hasil analisis citra satelit Landsat 8 diperoleh nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0.57 dan koefisien determinasi (R²) sebesar

0.33. Santoso (2000) menyatakan bahwa angka korelasi diatas 0.5 menunjukkan korelasi yang cukup kuat, sedangkan dibawah 0.5 korelasi lemah. Hal ini menunjukkan bahwa pada penelitian ini korelasi antara kelimpahan fitoplankton dengan konsentrasi klorofil-a, baik hasil analisis laboratorium maupun hasil analisis citra satelit cukup kuat walaupun tidak terlalu besar.

Diketahui bahwa fitoplankton mengandung klorofil-a, sehingga tinggi rendahnya fitoplankton dapat mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a di suatu perairan. Tetapi masih ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan kelimpahan fitoplankton di suatu perairan tidak selalu berkorelasi secara nyata dengan konsentrasi klorofil-a. Misalnya, proporsi klorofil-a yang berbeda pada tiap jenis fitoplankton yang berbeda, adanya sel fitoplankton yang sangat kecil yang tidak tertangkap dengan jaring plankton sehingga tidak semua sel fitoplankton terkuantifikasi. Menurut Sherr *et al.* (1998) dalam Wiadnyana (1998), fitoplankton yang berukuran kecil (<5 μm) sering mendominasi komunitas fitoplankton dan dapat memberikan kontribusi lebih dari 50% dari biomassa total. Nontji (2005) menambahkan bahwa fitoplankton yang tertangkap dengan jaring plankton umumnya tergolong dalam fitoplankton yang berukuran besar (20 μm), sedangkan yang sangat halus lolos tak tertangkap dan sangat rapuh sehingga sulit untuk diawetkan.

PENUTUP

Algoritma 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^3 , dimana perairan pesisir atau pantai cenderung memiliki konsentrasi klorofil-a yang lebih tinggi dibandingkan perairan lepas pantai.

Kelimpahan fitoplankton mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a di perairan Kota Jayapura dengan tingkat korelasi yang cukup kuat baik hasil analisis laboratorium maupun hasil analisis citra satelit dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0.62 untuk konsentrasi klorofil-a hasil analisis laboratorium dan 0.57 untuk hasil konsentrasi klorofil-a hasil analisis citra satelit Landsat 8.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Cenderawasih atas bantuan dana penelitian BOPTN UNCEN 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Afdal dan S.H. Riyono. 2008. Konsentrasi dan sebaran klorofil-a di Estuari Cisdane. *In* Ekosistem estuari Cisdane. Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. LIPI Press. Jakarta.
- Basmi, H.J. 2000. *Planktonologi: Plankton Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Hartuti, M., Prayogi, W. Mulyaningsih dan Manoppo, A. 2004. *Implementasi dan Pembinaan Aplikasi Informasi Zona Potensi Penangkapan Ikan di Situbondo dan Makasar*. Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh. Jakarta: Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.
- Hidayat, R., L. Viruly dan D. Azizah. 2013. *Kajian Kandungan Klorofil-a pada fitoplankton terhadap Parameter Kualitas Air di Teluk Tanjung Pinang Kepulauan Riau*. Fakultas Ilmu Kelautan Universitas Maritim Raja Ali Haji. Halaman 1-9.
- Jaelani, L.M., S. Fajar, W. Hendro dan 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.*
- Nontji, A. 2005. *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan. Jakarta
- Nuriya, H., Z. Hidayah dan W.A. Nugraha. 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, T.R., M. Takeshi dan B. Agrave. 1984. *Biological Oceanographic Processes*. Third Edition. Oxford. Pergamon Press. Great Britain.
- Pugesehan, D.J. 2010. Analisis klorofil-a fitoplankton (produktivitas primer) di perairan Pantai Netsepa Kabupaten Maluku Tengah. *J. Agroforestri*, V(4): 272-278.
- Santoso, A.B. 1984. *SPSS; Mengolah Data Statistik Secara Profesional*. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Sidabutar, D.N.R. 2009. Pendugaan Konsentrasi Klorofil-A dan Transparansi Perairan Teluk Jakarta dengan Citra Satelit Landsat. *Skripsi*. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Sidik, A., A. Agussalim dan M.R. Ridho. 2015. Akurasi Nilai Konsentrasi Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut Menggunakan Data Penginderaan Jauh Di Perairan Pulau Alanggantang Taman Nasional Sembilang. *Maspari Journal*. Juli 2015, 7(2):25-32.
- Sugiyono. 2007. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Susilo, S.B., J.L. Gaol. 2008. *Dasar-Dasar Penginderaan Jauh Kelautan*. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor (FPIK-IPB). Bogor-Indonesia.
- Wiadnyana, N.N. 1998. Kesuburan dan Komunitas Palankton di Perairan Pesisir Digul, Irian Jaya, Perairan Maluku dan Sekitarnya.