
VALIDASI ALGORITMA ESTIMASI KONSENTRASI CHL-A DENGAN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT LANDSAT 8(Studi Kasus : Laut Selatan Pulau Lombok, NTB)

Lalu Muhamad Jaelani¹, Umroh Dian Sulistiyah¹, Gathot Winarso²

¹Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya 60111

²Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
Jl. Kalisari No. 8 Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur 13710

Email :lmjaelani@geodesy.its.ac.id

Abstract

Lombok southern sea has a high marine productivity which signifies fertility of a body water. Chl-a is one of the factors associated with fertility in the Lombok southern sea. Remote sensing can be used for mapping the distribution of Chl-a more efficient and accurate to extract the physical parameters of the water. Physical parameters accuracy is derived from remote sensing data depending on atmospheric correction algorithms and algorithms model to calculate the concentration of Chl-a. In this study, Landsat 8 was used to validate the existing estimation concentration algorithm of Chl-a by in-situ data collected in Lombok southern sea. Atmospheric corrected reflectance by 6SV and Flaash, as well as surface reflectance product from USGS were used as input of that algorithm. The algorithm with 6SV-reflectance produced highest accuracy with NMAE of 26.095%. Instead of using existing algorithm, a new algorithm following local characteristics of Lombok southern sea was developed. The developed algorithm based on $\log Rrs(\lambda_4)$ and $\log (Rrs(\lambda_5))$ produced high correlation ($R^2 = 0.551$). Chl-a concentration estimation from Landsat 8 data, through atmospheric correction of 6SV produced NMAE of 13.484%.

Keywords: Chl-a, Landsat 8, NMAE, Surface Reflectance, Validation.

Abstrak

Perairan laut selatan Pulau Lombok memiliki produktivitas yang tinggi yang menandakan tingkat kesuburan suatu perairan. Chl-a merupakan salah satu parameter yang erat hubungannya dengan kesuburan perairan. Dengan memanfaatkan teknik penginderaan jauh untuk mengekstrak parameter fisik air, pemetaan distribusi Chl-a menjadi lebih efisien dan akurat. Akurasi parameter fisik yang diturunkan dari data penginderaan jauh tergantung pada algoritma koreksi atmosfer serta algoritma model untuk menghitung konsentrasi Chl-a. Pada penelitian ini, validasi algoritma estimasi konsentrasi Chl-a terhadap data in-situ di perairan laut selatan Pulau Lombok telah dilakukan. Reflektan yang dihasilkan dari koreksi atmosfer 6SV dan Flaash serta produk reflektan-permukaan (surface reflectance) USGS yang sudah terkoreksi atmosfer digunakan sebagai data masukan algoritma model. Algoritma dengan reflektan yang dihasilkan oleh 6SV menghasilkan konsentrasi Chl-a dengan sebesar 26,095%. Dengan alasan untuk mengikuti karakteristik local perairan selatan Pulau Lombok, algoritma model estimasi konsentrasi Chl-a yang telah dibuat. Algoritma baru ini memanfaatkan regresi model dengan basis $\log(Rrs(\lambda_4))$ dan $\log(Rrs(\lambda_5))$ dengan korelasi tertinggi R^2 sebesar 0,551. Hasil validasi konsentrasi Chl-a menggunakan algoritma Chl-a baru diperoleh NMAE sebesar 13,484%.

Kata Kunci: Chl-a, Landsat 8, NMAE, Reflektan-permukaan, Validasi.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perairan Lombok merupakan salah satu perairan Indonesia yang berada di Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia (WPP-RI) 573. Pada perairan bagian selatan Pulau

Lombok tersimpan potensi perikanan tangkap yang cukup tinggi yang menghasilkan 11.603,8 ton pada tahun 2013 (Badan Pusat Statistika Provinsi NTB, 2014). Potensi perikanan tangkap yang tinggi ini tidak terlepas dari kenyataan bahwa perairan Lombok memiliki produktivitas perairan yang tinggi (Musbir, 2013).

Produktivitas perairan yang tinggi menandakan kesuburan suatu perairan dengan melihat jumlah produktivitas primer yang dihasilkan pada perairan tersebut untuk menghasilkan *fitoplankton* (Adnan, 2010). Kelimpahan *fitoplankton* yang tinggi diduga akan meningkatkan populasi ikan, dimana ketersediaan makanannya melimpah di perairan tersebut (Pangihutan, 2009). Bagian terpenting dari pigmen fotosintesis yang dikandung oleh semua dari jenis *fitoplankton* yang masih hidup di laut adalah klorofil-a (Chl-a) (Strickland, 1960). Mengingat pigmen tersebut merupakan pigmen utama dari *fitoplankton*, sehingga konsentrasi *fitoplankton* dapat diidentifikasi.

Perkembangan teknologi khususnya dalam penginderaan jauh, menyebabkan pelaksanaan pemetaan distribusi Chl-a menjadi lebih efisien dengan banyaknya aplikasi penginderaan jauh yang digunakan untuk pemantauan aktifitas lingkungan perairan. Metode penginderaan jauh ini memanfaatkan satelit Landsat 8 dalam mengidentifikasi kualitas perairan selatan Pulau Lombok. Dalam penelitian ini, digunakan data citra satelit Landsat 8 Level 1T tahun 2014 dan data *Surface Reflectance* (reflektan-permukaan) satelit Landsat 8 produk dari USGS tahun 2014 untuk memetakan kondisi perairan.

Dalam penelitian ini dilakukan pengkajian distribusi konsentrasi Chl-a di perairan selatan Pulau Lombok, NTB. Perhitungan Chl-a ini dilakukan dengan menggunakan algoritma estimasi Chl-a yang diteliti Jaelani (2015) dengan menggunakan data masukan (*input*) berupa reflektan-permukaan yang dihasilkan dari beberapa metode. Estimasi konsentrasi Chl-a selanjutnya divalidasi dengan data *in-situ* Chl-a yang telah dikumpulkan di beberapa titik sampel yang ditentukan (Jaelani, 2015).

Estimasi parameter kualitas perairan (seperti: konsentrasi Chl-a) dari data satelit penginderaan jauh sangat bergantung, tidak hanya pada keakuratan koreksi atmosfer, tetapi juga pada keakuratan model yang menghubungkan antara data reflektan penginderaan jauh dengan parameter kualitas air yang akan diekstrak (Ruddick dkk, 2000). Dalam penelitian ini akan dilakukan suatu pemodelan ulang pada algoritma estimasi Chl-a untuk perairan selatan Pulau Lombok, NTB.

METODOLOGI PENELITIAN

Data Dan Peralatan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah: data citra satelit Landsat 8 Level 1T dengan waktu akuisisi 19 September 2014 pada *path/row* 116/66; data reflektan-permukaan citra satelit Landsat 8 produk USGS dan data spektral perairan beserta data sampel perairan laut selatan Pulau Lombok, NTB yang diukur oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) pada rentang waktu pengambilan 18-22 September 2014. Perekaman data spektral menggunakan *Spectroradiometer*, sementara pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Beam VISAT 5.0, *Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum-Vector* (6SV), ArcGIS 10.3 dan ESA SNAP 3.0.

Metode Penelitian

Pengambilan data *in situ* konsentrasi Chl-a dilakukan pada 29 titik dan pengambilan data reflektan pada 8 titik. Data reflektan telah disesuaikan dengan kanal yang tersedia pada Landsat 8 (kanal 1 hingga kanal 5).

Produk Landsat yang digunakan, adalah data Landsat 8 Level 1T (L1T) dan data reflektan-permukaan (*surface reflectance*). Kedua data tersebut didapatkan atau dipesan secara gratis pada <http://earthexplorer.usgs.gov/>.

Data Landsat 8 Level 1T merupakan data citra mentah dan berformat *Digital Number* (DN) yang memerlukan proses kalibrasi sebelum bisa digunakan. Proses kalibrasi dilakukan dengan menggunakan parameter *Gain* dan *Offset* yang tersedia dalam metadata citra untuk menghasilkan data dalam format radian (L).

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

Dimana,

L_{λ} = TOA spectral radiance

M_L = Radiance Mult Band

A_L = Radiance Add Band

Q_{cal} = Nilai Digital (DN) Band

Karena data radian yang dihasilkan merupakan radian-sensor, maka diperlukan koreksi atmosfer untuk menghilangkan efek atmosfer yang terdapat pada data dimaksud. Dalam penelitian ini digunakan 2 metode koreksi atmosfer :koreksi atmosfer 6SV dan koreksi atmosfer Flaash.Koreksi atmosfer metode 6SV menggunakan parameter koreksi dari hasil simulasi menggunakan *Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum-Vector* (6SV) yang dijalankan pada aplikasi berbasis web<http://6s.ltdri.org/>. Parameter koreksinya adalah sebagai berikut :

$$y_{\lambda} = x_{a\lambda}(L_{\lambda}) - x_{b\lambda} \quad (2)$$

$$\text{arc}_{\lambda} = y/(1+ x_{c\lambda} y_{\lambda}) \quad (3)$$

Dimana, arc_{λ} adalah reflektan yang sudah terkoreksi dari efek atmosfer dan L_{λ} adalah nilai radian TOA.

Tabel 1.
Parameter Koreksi Atmosfer 6SV

Kanal	x_a	x_b	x_c
Kanal 1	0,00278	0,19026	0,24680
Kanal 2	0,00248	0,14204	0,21420
Kanal 3	0,00255	0,09113	0,17026
Kanal 4	0,00283	0,06534	0,14291
Kanal 5	0,00417	0,04408	0,11508

Dalam koreksi atmosfer 6SV ini, konsentrasi aerosol diperoleh dari parameter meteorologi berupa *horizontal visibility* (pada penelitian ini, digunakan *visibility* sebesar 7,91 km). Adapun *erosol optical thickness* pada 550nm dihitung berdasarkan profil aerosol daerah penelitian yaitu *maritime model*. Hasil dari koreksi atmosfer dengan metode 6SV selanjutnya disebut SR-6SV.

Koreksi atmosfer metode Flaash dilakukan dengan algoritma internal yang terdapat dalam *software* pengolahan citra penginderaan jauh. Dimana informasi dari parameter tersebut bisa dilihat melalui metadata citra. Prinsip utama dari koreksi atmosfer metode Flaash ini tidak jauh berbeda dengan metode 6SV, yaitu dengan memasukkan beberapa parameter akuisisi citra, model atmosfer, model aerosol, dan *visibility* pada daerah penelitian. Selanjutnya hasil dari koreksi atmosfer dengan metode Flaash ini disebut SR-Flaash.

Data reflektan-permukaan (*surface reflectance*) merupakan data citra yang sudah terkoreksi efek atmosfer yang diproses oleh USGS dengan menggunakan algoritma internal yang berbasis algoritma 6SV (Jaelani, 2015). Data reflektan-permukaan Landsat 8 ini selanjutnya disebut SR-L. Data SR-L selanjutnya dikalibrasi dengan membagi nilai *Digital Number* (DN) dengan 10000.

Untuk mendapatkan nilai reflektan yang sama dengan reflektan *in-situ*, maka reflektan yang telah terkoreksi dari efek atmosfer, baik SR-6SV, SR-Flaash, dan SR-L dibagi dengan π untuk mendapatkan $Rrs(\lambda)$ (satuan sr^{-1}). Langkah berikutnya adalah memproses $Rrs(\lambda)$ menggunakan algoritma Chl-a Jaelani untuk menghasilkan konsentrasi Chl-a estimasi pada masing-masing data $Rrs(\lambda)$ baik dari $Rrs(\lambda)$ -6SV, $Rrs(\lambda)$ -Flaash, dan $Rrs(\lambda)$ -L. Algoritma Chl-a Jaelani dapat dilihat di persamaan berikut.

$$\text{Log (Chl-a)} = -0,9889 \times (Rrs_4/Rrs_5) + 0,3619 \quad (4)$$

Dalam menguji akurasi dari reflektan-permukaan Landsat 8 dan konsentrasi Chl-a digunakan indeks *Normalized Mean Absolute Error* (NMAE).

$$\text{NMAE (\%)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{x_{\text{esti}, i} - x_{\text{meas}, i}}{x_{\text{meas}}} \right| \times 100 \quad (5)$$

x_{esti} merupakan nilai dari estimasi konsentrasi Chl-a dengan menggunakan algoritma. x_{meas} adalah nilai konsentrasi Chl-a hasil pengukuran *in-situ*, sedangkan N adalah jumlah titik sampel. Koefisien determinasi (R^2) juga tetap dihitung untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi estimasi dan konsentrasi dari hasil pengukuran *in-situ*.

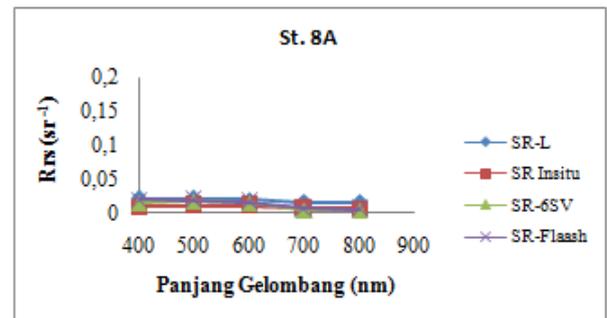
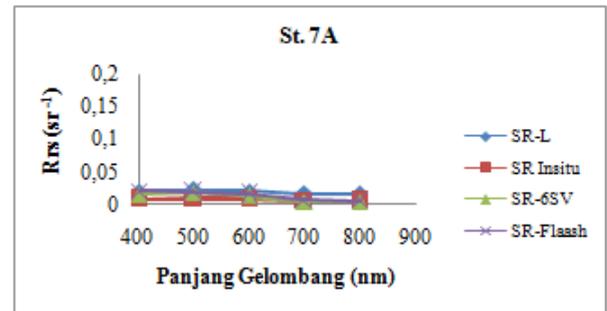
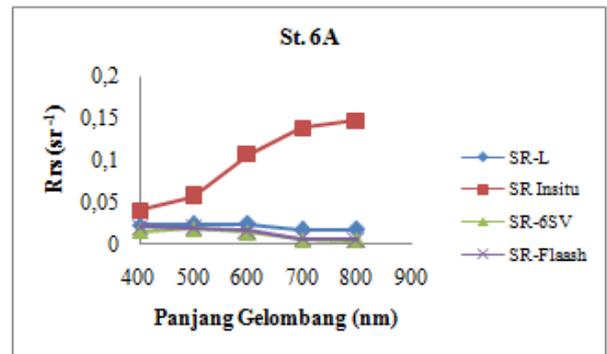
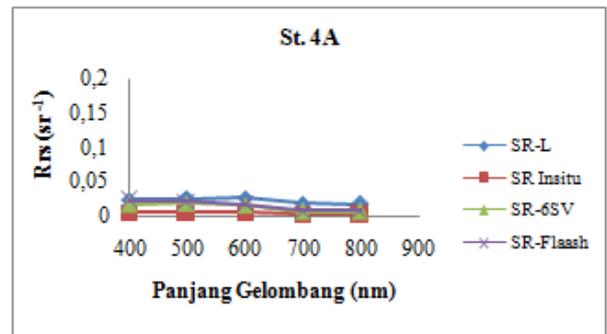
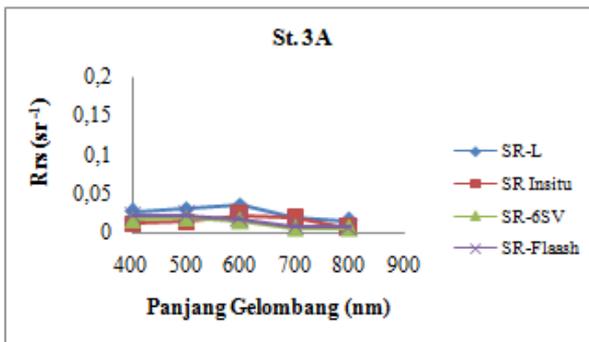
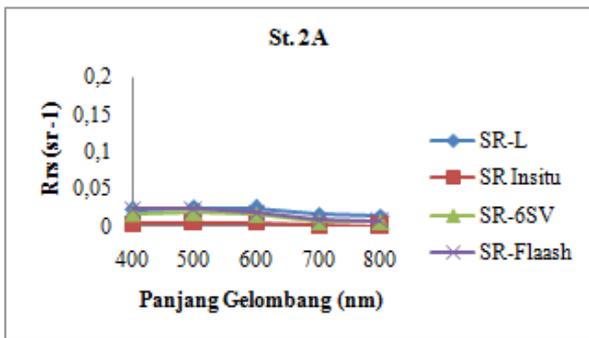
HASIL DAN PEMBAHASAN

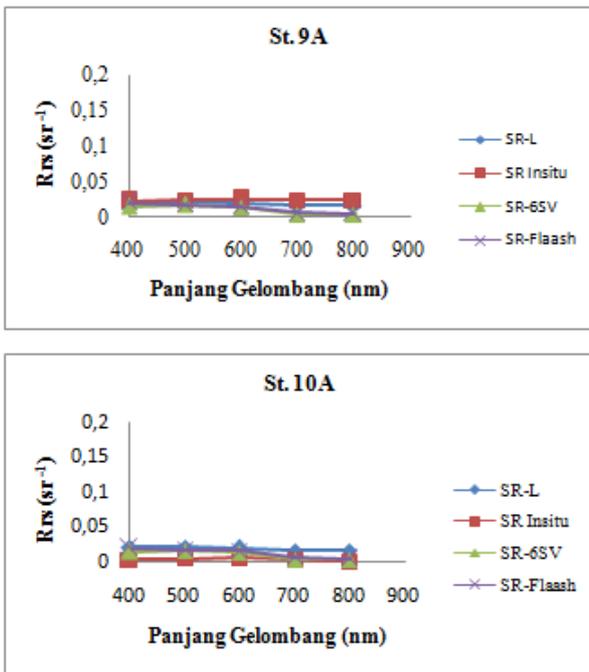
A. Validasi Remote Sensing Reflectance $Rrs(\lambda)$ Landsat 8

Untuk memvalidasi nilai $Rrs(\lambda)$ yang sudah terkoreksi dari efek atmosfer baik dengan metode 6SV ($Rrs(\lambda)$ -6SV), Flaash ($Rrs(\lambda)$ -Flaash), dan produk reflektan-permukaan dari USGS ($Rrs(\lambda)$ -L), dilakukan dengan mencari rata-rata nilai pixel dengan ukuran 3x3 berdasarkan pada 8 titik

stasiun pengamatan yang nantinya dibandingkan dengan nilai $Rrs(\lambda)_{in-situ}$. Hal ini dilakukan untuk menghindari kemungkinan adanya kesalahan dalam koreksi geometrik dan dinamika badan air, serta kesalahan akibat variabilitas spasial (Han dan Jordan, 2005).

Data reflektan *in-situ* terdiri dari panjang gelombang mulai dari 319 nm hingga 953 nm yang artinya data $Rrs(\lambda)_{in-situ}$ hanya dapat digunakan untuk kanal 1 hingga kanal 5. Ketiga produk $Rrs(\lambda)$ estimasi ($Rrs(\lambda)$ -6SV, $Rrs(\lambda)$ -Flaash, $Rrs(\lambda)$ -L) menghasilkan data lebih tinggi dari data $Rrs(\lambda)_{in-situ}$ kecuali pada titik St. 6A dan St. 9A dimana $Rrs(\lambda)$ estimasi menghasilkan data lebih rendah dari $Rrs(\lambda)_{in-situ}$. Selain itu, bentuk spektral antara $Rrs(\lambda)$ estimasi dan $Rrs(\lambda)_{in-situ}$ memiliki perbedaan.





Gambar 1. Perbandingan $Rrs(\lambda)$ In-situ dengan $Rrs(\lambda)$ Estimasi baik $Rrs(\lambda)$ -6V, $Rrs(\lambda)$ -Flaash, dan $Rrs(\lambda)$ -L

Hal tersebut dapat ditinjau karena adanya perbedaan algoritma internal saat pemrosesan koreksi atmosfer yang dilakukan. Selain itu, faktor algoritma koreksi atmosfer yang tidak sensitif terhadap aerosol berperan besar dalam hasil akhir reflektan-permukaan.

Hasil koefisien determinasi (R^2) antara $Rrs(\lambda)$ in-situ dan $Rrs(\lambda)$ estimasi dari 8 titik pada kanal 1 hingga kanal 5, menunjukkan hasil korelasi yang sangat besar (0,495-0,997) untuk semua stasiun kecuali pada stasiun St. 3A dan St. 9A. Stasiun St. 3A menunjukkan korelasi terendah antara data $Rrs(\lambda)$ In-situ dengan $Rrs(\lambda)$ -Flaash yang hanya sebesar 0,012. Begitu juga pada stasiun St. 9A, nilai korelasi terendah ditunjukkan oleh data antara $Rrs(\lambda)$ In-situ dengan $Rrs(\lambda)$ -Flaash yang hanya sebesar 0,003. Korelasi antara $Rrs(\lambda)$ in-situ dengan $Rrs(\lambda)$ estimasi terbaik ditunjukkan oleh $Rrs(\lambda)$ -6SV dengan nilai R^2 sebesar 0,657.

B. Validasi Estimasi Konsentrasi Chl-a

Dari masing-masing $Rrs(\lambda)$ estimasi yaitu $Rrs(\lambda)$ -6SV, $Rrs(\lambda)$ -Flaash, dan $Rrs(\lambda)$ -L akan dihitung estimasi konsentrasi Chl-a dengan menggunakan algoritma Chl-a Jaelani yang kemudian akan divalidasi dengan konsentrasi Chl-a in-situ pada 21 titik sampel lapangan.

Tabel2.
Koefisien Determinasi (R^2) antara $Rrs(\lambda)$ in-situ dengan $Rrs(\lambda)$ estimasi

Stasiun	R^2		
	$Rrs(\lambda)$ -Insitu dengan $Rrs(\lambda)$ -6SV	$Rrs(\lambda)$ -Insitu dengan $Rrs(\lambda)$ -L	$Rrs(\lambda)$ -Insitu dengan $Rrs(\lambda)$ -Flaash
St. 2A	0,997	0,899	0,8
St. 3A	0,372	0,037	0,012
St. 4A	0,972	0,914	0,836
St. 6A	0,607	0,798	0,926
St. 7A	0,921	0,908	0,839
St. 8A	0,85	0,855	0,779
St. 9A	0,042	0,054	0,003
St. 10A	0,495	0,584	0,605
R^2 rata-rata	0,657	0,631125	0,6

Tabel3.
Perbandingan Konsentrasi Chl-a In-situ dengan konsentrasi Chl-a Estimasi

Stasiun	Konsentrasi Chl-a ($\mu\text{g/L}$)			
	In-situ	SR	6SV	Flaash
1	1,207	0,187	0,111	0,162
2	0,868	0,187	0,111	0,162
3	0,645	0,085	0,012	0,055
4	0,543	0,126	0,132	0,108
5	0,662	0,196	0,217	0,264
6	0,969	0,205	0,228	0,229
7	0,986	0,210	0,306	0,262
8	0,662	0,236	0,320	0,286
9	0,543	0,236	0,320	0,287
10	0,544	0,236	0,322	0,287
11	0,662	0,237	0,333	0,296
12	0,646	0,234	0,302	0,277
13	0,646	0,230	0,308	0,262
14	0,544	0,226	0,204	0,253
15	0,662	0,240	0,299	0,251
16	0,646	0,240	0,335	0,286
17	1,071	0,223	0,269	0,279
18	1,173	0,062	0,012	0,022
19	0,986	0,225	0,2413	0,226
20	0,969	0,231	0,251	0,214
21	2,445	0,033	0,048	0,009

Tabel4.

Perhitungan *NMAE* dari Konsentrasi Chl-a

Stasiun	<i>NMAE</i> (%)		
	SR	6SV	Flaash
1	41,731	44,845	42,731
2	27,866	30,980	28,865
3	22,895	25,900	24,131
4	17,066	16,790	17,774
5	19,058	18,212	16,273
6	31,239	30,305	30,247
7	31,738	27,793	29,608
8	17,407	13,970	15,371
9	12,573	9,117	10,453
10	12,600	9,089	10,523
11	17,402	13,452	14,961
12	16,827	14,069	15,090
13	17,029	13,844	15,697
14	13,021	13,921	11,908
15	17,246	14,853	16,830
16	16,604	12,706	14,710
17	34,698	32,786	32,371
18	45,459	47,497	47,061
19	31,116	30,459	31,069
20	30,200	29,370	30,884
21	98,657	98,034	99,632
Rata-rata	27,259	26,095	26,485

Sebagian besar stasiun mempunyai *NMAE* yang memenuhi syarat yakni kurang dari 30%. Hasil *NMAE* terbaik adalah dari citra Landsat 8 dengan koreksi atmosfer metode 6SV yaitu sebesar 26,095%. Dari ketiga macam produk tersebut dengan menggunakan algoritma Chl-a Jaelani dapat digunakan untuk mengestrak data kualitas air dari penginderaan jauh karena memenuhi syarat *NMAE* yang kurang dari 30%. Akan tetapi pada penelitian ini tetap akan dibuat algoritma model untuk estimasi konsentrasi Chl-a di wilayah perairan laut selatan Pulau Lombok, NTB.

C.Pemodelan Algoritma Estimasi Konsentrasi Chl-a

Algoritma model konsentrasi Chl-a dibuat berdasarkan pada regresi algoritma yang dibentuk dari perbandingan kanal-kanal pada Landsat 8, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5 dan 6.

Tabel5.

*R*² untuk Rasio-Kanal Landsat 8

No	Model Regresi	Kanal 2	Kanal 2	Kanal 2
		Kanal 3	Kanal 4	Kanal 5
1	Chl-a = y0 + a*(bj/bk)	0,07	0,013	0,18
2	log (Chl-a) = y0 + a*(bj/bk)	0,041	0,005	0,347
3	Chl-a = y0 + a*log (bj/bk)	0,087	0,007	0,187
4	log (Chl-a) = y0 + a*log (bj/bk)	0,048	0,019	0,26
5	Chl-a = y0 + a*(log (bj) / (log(bk)))	0,159	0,092	0,28
6	log (Chl-a) = y0 + a*(log (bj) / (log(bk)))	0,077	0,066	0,218

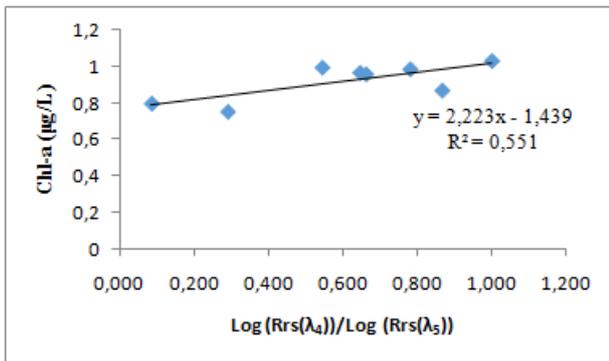
Tabel6.

*R*² untuk Rasio-Kanal Landsat 8

No	Model Regresi	Kanal 3	Kanal 3	Kanal 4
		Kanal 4	Kanal 5	Kanal 5
1	Chl-a = y0 + a*(bj/bk)	0,02	0,137	0,537
2	log (Chl-a) = y0 + a*(bj/bk)	0,011	0,268	0,511
3	Chl-a = y0 + a*log (bj/bk)	0	0,165	0,458
4	log (Chl-a) = y0 + a*log (bj/bk)	0,009	0,252	0,47
5	Chl-a = y0 + a*(log (bj) / (log(bk)))	0,029	0,259	0,551
6	log (Chl-a) = y0 + a*(log (bj) / (log(bk)))	0,039	0,255	0,529

Dari beberapa kombinasi, didapatkan koefisien determinasi *R*² = 0,551 dengan perbandingan rasio *Rrs*(λ₄)/ *Rrs*(λ₅) dengan algoritma model estimasi konsentrasi Chl-a sebagai berikut :

$$\text{Chl-a} = 2,223 \left(\frac{\text{Log } Rrs(\lambda_4)}{\text{Log } Rrs(\lambda_5)} \right) - 1,439 \tag{6}$$



Gambar 2. Model Regresi dengan menggunakan rasio $Rrs(\lambda)$ pada kanal 4 dan kanal 5

Dari masing-masing $Rrs(\lambda)$ estimasi yaitu $Rrs(\lambda)$ -6SV, $Rrs(\lambda)$ -Flaash, dan $Rrs(\lambda)$ -L akan dihitung estimasi konsentrasi Chl-a dengan menggunakan algoritma model Chl-a sesuai dengan Pers.6 yang kemudian akan di validasi dengan konsentrasi Chl-a *in-situ* pada 21 titik sampel lapangan.

Tabel7.
Perbandingan Konsentrasi Chl-a *In-situ* dengan konsentrasi Chl-a Estimasi

Stasiun	Konsentrasi Chl-a ($\mu\text{g/L}$)			
	<i>In-situ</i>	SR	6SV	Flaash
1	1,207	0,730	0,638	0,700
2	0,868	0,730	0,638	0,700
3	0,645	0,581	0,397	0,527
4	0,543	0,643	0,657	0,611
5	0,662	0,737	0,763	0,808
6	0,969	0,751	0,777	0,777
7	0,986	0,755	0,840	0,805
8	0,662	0,784	0,850	0,830
9	0,543	0,784	0,849	0,831
10	0,544	0,784	0,850	0,830
11	0,662	0,784	0,857	0,838
12	0,646	0,782	0,837	0,823
13	0,646	0,777	0,840	0,808
14	0,544	0,773	0,754	0,799
15	0,662	0,788	0,765	0,734
16	0,646	0,788	0,860	0,822
17	1,071	0,770	0,808	0,830
18	1,173	0,528	0,395	0,428
19	0,986	0,773	0,789	0,775
20	0,969	0,778	0,802	0,762
21	2,445	0,398	0,435	0,212

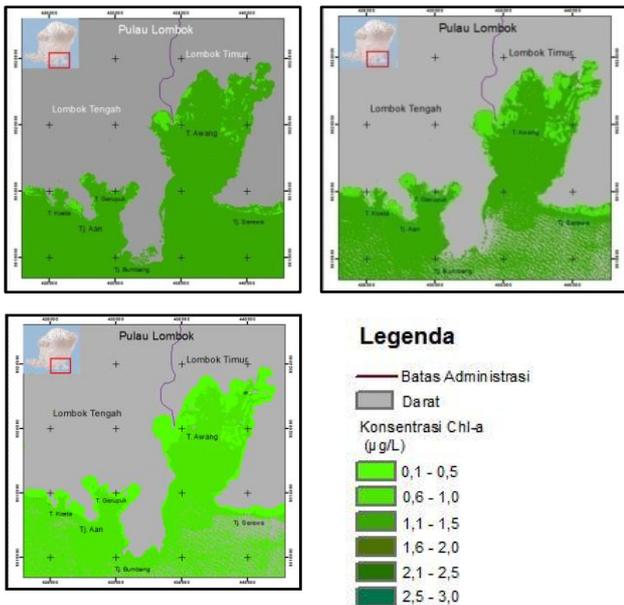
Tabel8.
Perhitungan NMAE dari Konsentrasi Chl-a

Stasiun	NMAE(%)		
	SR	6SV	Flaash
1	21,195	23,264	20,741
2	9,330	9,399	6,876
3	7,273	10,134	4,830
4	5,461	4,654	4,770
5	4,783	4,134	5,974
6	9,910	7,867	7,853
7	10,178	5,972	7,386
8	8,373	7,707	6,878
9	12,166	12,535	11,784
10	10,154	12,527	11,700
11	7,377	7,984	7,190
12	5,864	7,817	7,223
13	5,437	7,939	7,645
14	10,267	8,570	10,420
15	5,712	4,222	4,953
16	6,340	8,772	7,202
17	12,547	10,737	11,859
18	31,452	31,838	30,480
19	8,754	8,045	8,642
20	7,663	6,819	8,471
21	88,064	82,217	91,340
Rata-rata	13,728	13,484	13,534

Sebagian besar stasiun mempunyai NMAE yang memenuhi syarat yakni kurang dari 30%. Hasil NMAE terbaik adalah dari citra Landsat 8 dengan koreksi atmosfer metode 6SV yaitu sebesar 13,484%. Dari ketiga macam produk tersebut dengan menggunakan algoritma model Chl-a baru dapat digunakan untuk mengestrak atau mewakili data kualitas air dari penginderaan jauh karena memenuhi syarat NMAE yang kurang dari 30%. Hasil NMAE dengan algoritma model baru memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma Chl-a Jaelani.

D. Estimasi Distribusi Konsentrasi Chl-a

Berikut ini estimasi konsentrasi Chl-a dengan model algoritma Chl-a baru.



Gambar 3. Distribusi Estimasi Konsentrasi Chl-a : a) SR-L, b) SR-6SV, c) SR-Flaash

PENUTUP

Hasil validasi konsentrasi Chl-a pada algoritma Chl-a Jaelani dengan menggunakan metode koreksi atmosfer 6SV menunjukkan nilai *NMAE* yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan metode koreksi atmosfer Flaash yaitu sebesar 26,095%. Sedangkan dengan menggunakan metode koreksi atmosfer Flaash didapatkan nilai *NMAE* sebesar 26,485% dan dari data reflektan-permukaan Landsat 8 sebesar 27,259%. Dari ketiga macam produk tersebut dengan menggunakan algoritma Chl-a Jaelani dapat digunakan untuk mengestrak atau mewakili data kualitas air dari penginderaan jauh karena memenuhi syarat *NMAE* yang kurang dari 30%. Berdasarkan nilai *NMAE* tersebut menunjukkan bahwa algoritma Chl-a Jaelani dapat digunakan untuk menghitung nilai estimasi konsentrasi Chl-a di perairan laut selatan Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat.

Pemodelan algoritma yang dibuat berdasarkan pada regresi algoritma yang dibentuk dari perbandingan kanal-kanal pada Landsat 8. Dari hasil pemodelan algoritma Chl-a didapatkan regresi (R^2) sebesar 0,551 dengan perbandingan rasio $Rrs(\lambda_4)/Rrs(\lambda_5)$ dengan algoritma model estimasi konsentrasi Chl-a sebagai berikut :

$$Chl-a = 2,223 \left(\frac{\text{Log } Rrs(\lambda_4)}{\text{Log } Rrs(\lambda_5)} \right) - 1,439$$

Hasil validasi konsentrasi Chl-a dengan algoritma model Chl-a baru memiliki *NMAE* terbaik dari citra Landsat 8 dengan koreksi atmosfer metode 6SV yaitu sebesar 13,484%. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma model Chl-a baru untuk perairan laut selatan Pulau Lombok lebih baik dalam mengekstrak data kualitas air dari data penginderaan jauh pada lokasi penelitian dibandingkan dengan algoritma Chl-a Jaelani.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didukung oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) Jakarta Timur.

DAFTAR PUSTAKA

Adnan. 2010. Analisis Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a Data Inderaja Hubungannya dengan Hasil Tangkapan Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) di Perairan Kalimantan Timur. *Jurnal FPIK Unpatti*, Ambon, 1(1):1-12.

Badan Pusat Statistika Provinsi NTB. 2014. Nusa Tenggara Barat dalam Angka 2014. Lombok, 356 hlm.

Han, Luoheng, Karen JJ. 2005. Estimating and mapping chlorophyll- a concentration in Pensacola Bay, Florida using Landsat ETM+ data. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 26, No. 33, 5245–5254

Jaelani L.M., dkk. 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 XX, Bogor.

Jaelani L.M., dkk. 2015. *Uji Akurasi Produk Reflektan-Permukaan Landsat Menggunakan Data In situ di Danau Kasumigaura, Jepang*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Masyarakat Ahli Penginderaan Jauh Indonesia XX, Bogor.

Musbir. 2013. Perairan Oseanografi dalam Pemanfaatan Sumber Daya Perikanan Berkelanjutan. *Dalam* A.I. Burhanuddin, N. Nessa dan A. Niartiningsih. *Membangun Sumber Daya Kelautan Indonesia*. IPB press, Bogor, 320 hlm.

Pangihutan, M.S. 2009. Analisis Hasil Tangkapan Pukat Ikan Kaitannya dengan Kandungan Klorofil-a

dan Suhu Permukaan Laut di Perairan Tapanuli Tengah. [Thesis]. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, 100 hlm.

Ruddick KG, Ovidio F, Rijkeboer M. 2000. Atmospheric correction of SeaWiFS imagery for turbid

coastal and inland waters. *Applied Optics*, Vol. 39, No. 6, 897–912.

Strickland, J.D.H. and Parsons T.R. 1960. *Apreatical Handbook of sea Water Analysis*. Fis. Res. Board Canada : 139-151.