

Validasi Algoritma Estimasi Konsentrasi Chl-A pada Citra Satelit Landsat 8 dengan Data In-Situ (Studi Kasus: Perairan Selatan Pulau Lombok, NTB)

Umroh Dian Sulistyah¹, Lalu Muhamad Jaelani¹, Gathot Winarso²

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

²Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

e-mail: lmjaelani@geodesy.its.ac.id, gathot_winarso@hotmail.com

Abstrak—Chl-a merupakan salah satu parameter indikator tingkat kesuburan suatu perairan. Perairan laut selatan Pulau Lombok merupakan perairan yang berada di Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia pada zona 573 dengan menghasilkan perikanan tangkap yang tinggi. Dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh Landsat 8 membuat pemetaan distribusi Chl-a lebih efisien dan akurat untuk mengekstrak parameter fisik perairan laut selatan Pulau Lombok. 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, dengan menggunakan Landsat 8 pada bulan September 2014 akan dilakukan validasi algoritma estimasi konsentrasi Chl-a Jaelani terhadap data *in-situ* di perairan laut selatan Pulau Lombok dengan menggunakan metode koreksi atmosfer 6SV dan Flaash serta digunakan produk reflektan-permukaan (*surface-reflectance*) USGS yang sudah terkoreksi atmosfer. Hasil validasi konsentrasi Chl-a dengan algoritma Jaelani memiliki *NMAE* terbaik dari citra Landsat 8 dengan koreksi atmosfer metode 6SV yaitu sebesar 26,095%.

Dalam penelitian ini dibuat algoritma model estimasi konsentrasi Chl-a yang sesuai dengan karakteristik perairan laut selatan Pulau Lombok dengan korelasi tertinggi ($R^2 = 0,551$) menggunakan perbandingan $\log(Rrs(\lambda_4))$ dan $\log(Rrs(\lambda_5))$. 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.

Kata Kunci – Chl-a, Landsat 8, *NMAE*, *Surface reflectance*, Validasi.

I. PENDAHULUAN

PERAIRAN Lombok merupakan salah satu perairan Indonesia yang berada di Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia (WPP-RI) 573. Pada perairan bagian selatan Pulau Lombok memiliki potensi perikanan tangkap yang cukup tinggi menghasilkan 11.603,8 ton pada tahun 2013 [1]. Potensi perikanan tangkap yang tinggi

ini tidak terlepas dari kenyataan bahwa perairan Lombok memiliki produktivitas perairan yang tinggi [2].

Produktivitas perairan yang tinggi menandakan kesuburan suatu perairan dengan melihat jumlah produktivitas primer yang dihasilkan pada perairan tersebut untuk menghasilkan *fitoplankton* [3]. Kelimpahan *fitoplankton* yang tinggi diduga akan meningkatkan populasi ikan, dimana ketersediaan makanannya melimpah di perairan tersebut [4]. Bagian terpenting dari pigmen fotosintesis yang dikandung oleh semua dari jenis *fitoplankton* yang masih hidup di laut adalah klorofil-a (Chl-a) [5]. 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 mengkaji mengenai distribusi konsentrasi Chl-a di perairan selatan Pulau Lombok, NTB. Perhitungan mengenai Chl-a ini dilakukan dengan melakukan validasi terhadap algoritma estimasi Chl-a yang diteliti Jaelani (2015) yang selanjutnya akan di uji dengan beberapa metode koreksi atmosfer dan hasilnya akan dikaji melalui data satelit terhadap data *in-situ* dari beberapa titik sampel yang ditentukan [6].

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 [7]. Dalam penelitian ini akan dilakukan suatu pemodelan ulang pada algoritma estimasi Chl-a untuk perairan selatan Pulau Lombok, NTB.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di perairan laut selatan Pulau Lombok, NTB yang terletak pada koordinat 8° 54' 28,83"LS - 8° 55' 3,18"LS dan 116° 19' 18,74"BT - 116° 19' 51,38"BT dengan garis pantai sepanjang 52,6 km.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

B. Data dan Peralatan

Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah data citra satelit Landsat 8 Level 1T (L1T) dengan waktu akuisisi 19 September 2014 pada *path/row* 116/66, data Reflektan Permukaan (*Surface Reflectance*) citra satelit Landsat 8 produk USGS dengan waktu akuisisi 19 September 2014 pada *path/row* 116/66, data spektral perairan dan data sampel perairan selatan Pulau Lombok, NTB (data *in-situ*) dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) dengan waktu pengambilan data tanggal 18-22 September 2014.

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini berupa perangkat keras (*Hardware*) yaitu *Spectroradiometer* dan perangkat lunak (*Software*) antara lain Beam VISAT 5.0, *Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum-Vector* (6SV), ArcGIS 10.3, dan ESA SNAP 3.0

C. Tahap Pengolahan Data

Data *in-situ* yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari Lembaga Penerbangan Antariksa Nasional (LAPAN) pada perairan selatan Pulau Lombok, NTB yang diambil pada tanggal 18-22 September 2014 yang meliputi data kualitas perairan yang berupa konsentrasi Chl-a dan data reflektan. Pengukuran dilakukan dengan mengambil data sample Chl-a pada 29 titik dan pengambilan data reflektan pada 8 titik. Data reflektan yang direkam adalah reflektan kanal 1 hingga kanal 5.

Sesuai dengan ketersediaan data konsentrasi Chl-a dan data reflektan *in-situ*, data citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra Landsat 8. Ada 2 produk Landsat yang digunakan, antara lain : 1) data Landsat 8 Level 1T (L1T) dan

2) 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). Langkah awal adalah melakukan kalibrasi radiometrik dengan menggunakan parameter *Gain* dan *Offset* yang tersedia dalam metadata citra dengan hasil data dalam format radian (L).

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \tag{1}$$

dimana,

$$L_{\lambda} = TOA \text{ spectral radiance}$$

$$M_L = \text{Radiance Mult Band}$$

$$A_L = \text{Radiance Add Band}$$

$$Q_{cal} = \text{Nilai Digital (DN) Band}$$

Selanjutnya dilakukan koreksi atmosfer dari data dalam format radian tersebut. Dalam penelitian ini akan dilakukan 2 metode koreksi atmosfer: 1) koreksi atmosfer 6SV dan 2) 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 di *run* atau di akses pada <http://6s.ltdri.org/>. Parameter koreksinya adalah sebagai berikut :

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

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

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 | Xa | Xb | Xc |
|---------|---------|---------|---------|
| 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, dalam mendefinisikan konsentrasi aerosol digunakan 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 mengenai tanggal 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 [7], [8]. Data reflektan-permukaan Landsat 8 ini selanjutnya disebut SR-L. Data SR-L selanjutnya dikalibrasi dengan membagi 10000 nilai *Digital Number (DN)* nya.

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 akan dibagi dengan π untuk mendapatkan $Rrs(\lambda)$ (satuan sr^{-1}). Langkah berikutnya digunakan algoritma Chl-a Jaelani untuk mengetahui nilai 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 adalah sebagai berikut.

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

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

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

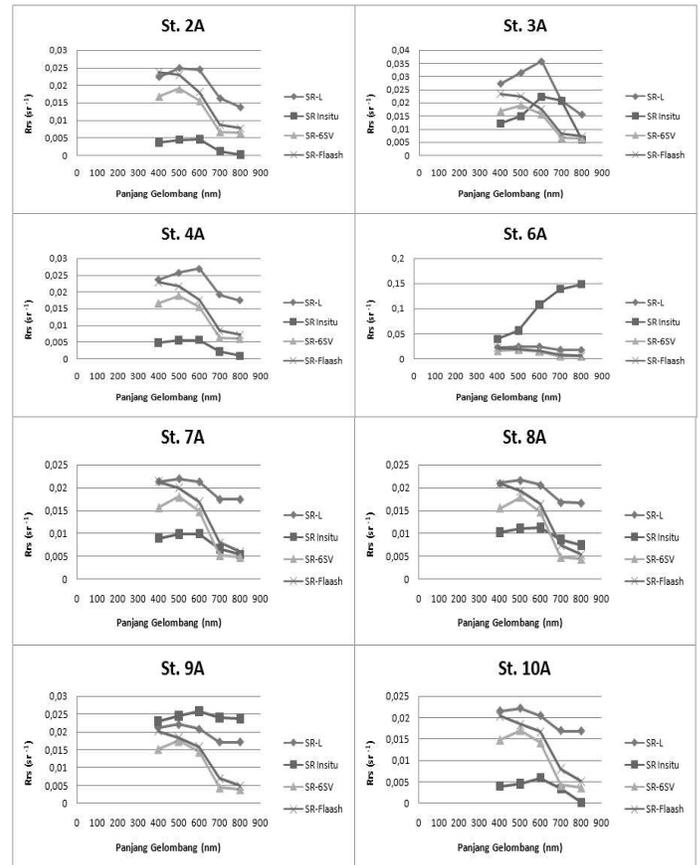
X_{esti} merupakan nilai dari estimasi konsentrasi Chl-a dengan menggunakan algoritma. X_{meas} adalah nilai konsentrasi Chl-a hasil pengukuran *in-situ*, sedangkan N adalah jumlah titik sampel. Koefisien determinasi (R^2) juga tetap dihitung untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi estimasi dan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

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Validasi Remote Sensing Reflectance (Rrs) 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 [9].

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 diatas data $Rrs(\lambda)$ *in-situ* kecuali pada titik St. 6A dan St. 9A dimana $Rrs(\lambda)$ estimasi menghasilkan data dibawah $Rrs(\lambda)$ *in-situ*. Selain itu, bentuk spektral antara $Rrs(\lambda)$ estimasi dan $Rrs(\lambda)$ *in-situ* memiliki perbedaan.



Gambar 2. 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 metode koreksi atmosfer yang dilakukan. Selain itu, faktor algoritma koreksi atmosfer yang tidak sensitif terhadap aerosol.

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 kesemua stasiun kecuali pada stasiun St. 3A dan St. 9A. Pada 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 *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.

Tabel 2.

| Stasiun | Koefisien Determinasi (R^2) antara $Rrs(\lambda)$ <i>in-situ</i> dengan $Rrs(\lambda)$ estimasi | | |
|-----------------------------------|---|---|--|
| | 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 |

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 di validasi dengan konsentrasi Chl-a *in-situ* pada 21 titik sampel lapangan.

Tabel 3.

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

| Stasiun | Konsentrasi Chl-a (µg/L) | | | |
|---------|--------------------------|-------|--------|--------|
| | <i>In-situ</i> | 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 |

Tabel 4.

Perhitungan NMAE dari Konsentrasi Chl-a

| Stasiun | NMAE(%) | | |
|------------------|---------------|---------------|---------------|
| | 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 atau mewakili 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.

Tabel 5.

R^2 untuk Rasio-Kanal Landsat 8

| Model Regresi | Kanal 2 | Kanal 2 | Kanal 2 |
|--|---------|---------|---------|
| | Kanal 3 | Kanal 4 | Kanal 5 |
| Chl-a = $y_0 + a*(bj/bk)$ | 0,07 | 0,013 | 0,18 |
| log (Chl-a) = $y_0 + a*(bj/bk)$ | 0,041 | 0,005 | 0,347 |
| Chl-a = $y_0 + a*\log (bj/bk)$ | 0,087 | 0,007 | 0,187 |
| log (Chl-a) = $y_0 + a*\log (bj/bk)$ | 0,048 | 0,019 | 0,26 |
| Chl-a = $y_0 + a*(\log (bj) / (\log(bk)))$ | 0,159 | 0,092 | 0,28 |
| log (Chl-a) = $y_0 + a*(\log (bj) / (\log(bk)))$ | 0,077 | 0,066 | 0,218 |

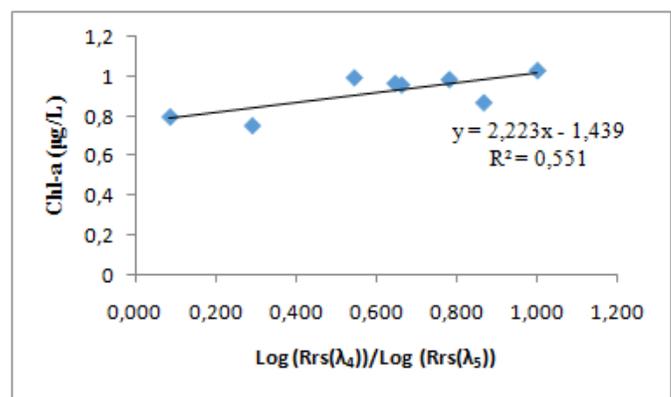
Tabel 6.

R^2 untuk Rasio-Kanal Landsat 8

| Model Regresi | Kanal 3 | Kanal 3 | Kanal 4 |
|--|---------|---------|--------------|
| | Kanal 4 | Kanal 5 | Kanal 5 |
| Chl-a = $y_0 + a*(bj/bk)$ | 0,02 | 0,137 | 0,537 |
| log (Chl-a) = $y_0 + a*(bj/bk)$ | 0,011 | 0,268 | 0,511 |
| Chl-a = $y_0 + a*\log (bj/bk)$ | 0 | 0,165 | 0,458 |
| log (Chl-a) = $y_0 + a*\log (bj/bk)$ | 0,009 | 0,252 | 0,47 |
| Chl-a = $y_0 + a*(\log (bj) / (\log(bk)))$ | 0,029 | 0,259 | 0,551 |
| log (Chl-a) = $y_0 + a*(\log (bj) / (\log(bk)))$ | 0,039 | 0,255 | 0,529 |

Dari beberapa kombinasi, didapatkan koefisien determinasi $R^2 = 0.551$ dengan perbandingan rasio $Rrs(\lambda_4) / Rrs(\lambda_5)$ dengan algoritma model estimasi konsentrasi Chl-a sebagai berikut:

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



Gambar 3. 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.

Tabel 7.

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

| Stasiun | Konsentrasi Chl-a (µg/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 |

Tabel 8.

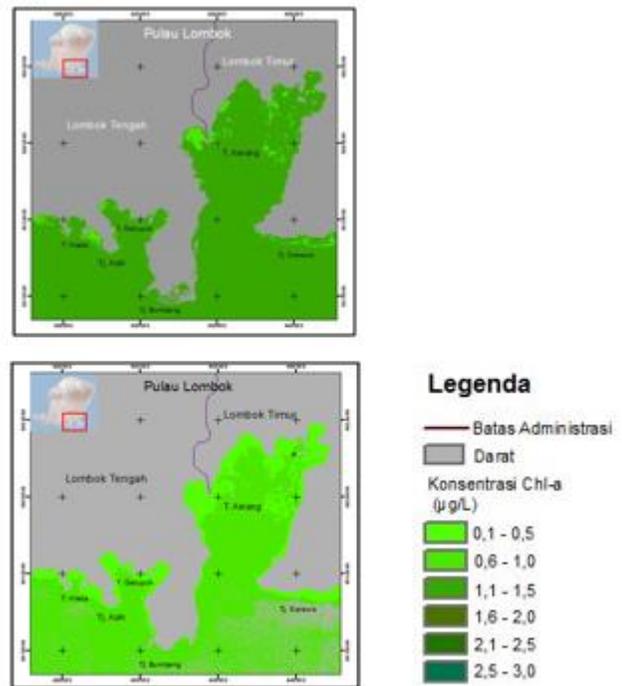
Perhitungan *NMAE* dari Konsentrasi Chl-a

| Stasiun | <i>NMAE</i> (%) | | |
|------------------|-----------------|---------------|---------------|
| | 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 4. Distribusi Estimasi Konsentrasi Chl-a : a) SR-L, b) SR-6SV, c) SR-Flaash

IV. KESIMPULAN

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*(λ₄)/*Rrs*(λ₅) dengan algoritma model estimasi konsentrasi Chl-a sebagai berikut:

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

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 TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. P. S. P. NTB, "Nusa Tenggara Barat dalam Angka 2012," Lombok, 2014.
- [2] Musbir, A. I. Burhanuddin, N. N. and N. A., "Perairan Oseanografi dalam Pemanfaatan Sumber Daya Perikanan Berkelanjutan dalam Membangun Sumber Daya Kelautan Indonesia," IPB Press, Bogor, 2013.
- [3] Adnan, "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*, vol. I, no. 1, pp. 1-12, 2010.
- [4] M. S. Pangihutan, "Analisis Hasil Tangkapan Pukat Ikan Kaitannya dengan Kandungan Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut di Perairan Tapanuli Tengah," Thesis Program Pascasarjana: Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2009.
- [5] J. D. H. Srrickland and T. R. Parsons, *Apreatical Handbook of Sea Water Analysis*, Canada: Fis. Res. Board, 1960.
- [6] K. G. Ruddick, F. Ovidio and M. Rijkeboer, "Atmospheric Correction of SeaWiFS Imagery for Turbid Coastal and Inland Waters," *Applied Optics*, vol. 39, no. 6, pp. 897-912, 2000.
- [7] L. M. Jaelani, "Pemetaan Distribusi Spasial Konsentrasi Klorofil-a dengan Landsat 8 di Danau Matano dan Danau Towuti Sulawesi Selatan," in *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Masyarakat Ahli Penginderaan Jauh Indonesia XX*, Bogor, 2015.
- [8] L. M. Jaelani, "Uji Akurasi Produk Reflektan Permukaan Landsat menggunakan Data In Situ di Danau Kasumigaura Jepang," in *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Masyarakat Ahli Oenginderaan Jauh Indonesia XX*, Bogor, 2015.
- [9] L. Han and J. J. Karen, "Estimating and Mapping Chlorophyll-a Concentration in Pensacola Bay, Florida using Landsat ETM+ Data," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 26, no. 33, pp. 5245-5254, 2005.