

PEMANFAATAN CITRA MODIS UNTUK MENGAJI PRODUKTIVITAS PRIMER FITOPLANKTON DI PERAIRAN INDONESIA TAHUN 2011-2012

Lintang Galih Sukma
lintang.g.sukma@mail.ugm.ac.id

Nurul Khakhim
nrl_khakhim@yahoo.com

Abstract

Remote sensing plays the important roles in oceanic observation and climate change. One of the frequently studying focus is how the capacity of the ocean to absorb the carbon by phytoplankton's primary productivity is. MODIS imagery has been used in this study for a long time. Common approach is based on chlorophyll concentration. But, there is another approach that can be used. It is the absorption of phytoplankton's coefficient. Thus, this research try to apply the Simplified Absorption based Model to get the information primary productivity In Indonesia Waters. The result shows that Aqua MODIS Level 3 SMI imagery can be calculated to get the primary productivity (PP) value of Indonesia Waters. The highest value concentrate in coastal zone where the value is more than 3000 mgC/m²/day and it is decrease in open seas. The absorption of phytoplankton coefficient has great influence to the value of PP.

Key Words : MODIS, primary productivity , SAM

Abstrak

Penginderaan jauh memainkan peranan penting dalam observasi kelautan dan perubahan iklim. Salah satu kajian yang sering dilakukan adalah bagaimana kemampuan laut menyerap karbon melalui mekanisme produktivitas primer fitoplankton. Citra MODIS sebagai citra telah lama digunakan untuk menganalisis kajian ini. Umumnya pendekatan yang digunakan berbasis konsentrasi klorofil. Namun, ada pendekatan lain yang digunakan yaitu pendekatan serapan cahaya fitoplankton. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan Model Berbasis serapan sederhana (SAM) pada citra MODIS untuk memperoleh nilai Produktivitas Primer di Perairan Indonesia. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Citra Aqua MODIS Level 3 SMI juga mampu untuk menghasilkan nilai produktivitas primer (PP) fitoplankton di Perairan Indonesia dengan menggunakan SAM. Nilai PP umumnya terkonsentrasi di daerah pesisir dengan nilai lebih besar dari 3000 mgC/m²/hari dan berkurang di laut terbuka. Dalam hasil ini, pengaruh koefisien serapan fitoplankton sangat dominan terhadap nilai produktivitas primer.

Kata Kunci : MODIS, Produktivitas Primer, SAM

PENDAHULUAN

Citra MODIS sebagai salah satu bagian dari citra penginderaan jauh resolusi rendah, memiliki banyak aplikasi yang terkait dengan fenomena oseanografi, iklim dan cuaca. Sebagai contoh, citra ini dapat diolah untuk memetakan besarnya laju produktivitas primer perairan melalui ragam kanalnya yang mampu mengidentifikasi keberadaan klorofil yang berasosiasi dengan keberadaan fitoplankton. Khususnya pada saluran/kanal 10, secara khusus bisa dimanfaatkan untuk memperoleh informasi konsentrasi fitoplankton di laut.(MODIS Web, 2013)

Telah banyak Algoritma yang dikembangkan untuk memodelkan produktivitas primer pada citra MODIS. Ada dua algoritma yang diterima luas dan dipercaya hasilnya oleh banyak pihak, termasuk NASA. Dua algoritma tersebut adalah *Vertically Generalized Production Model* (VGPM) dan *Carbon based Production Model* (CbPM). Kedua algoritma tersebut memiliki persamaan yakni sama-sama menggunakan konsentrasi klorofil sebagai acuan. Artinya, pada kedua algoritma tersebut memberikan bobot yang lebih pada variabel konsentrasi klorofil dalam formulanya. Namun, beberapa penelitian menunjukkan bahwa serapan fitoplankton adalah prediktor kuat dalam proses produktivitas primer pada permukaan laut (Marra, dkk. 2007). Lagi pula, informasi serapan ini dapat diturunkan dari pantulan spektral pada citra. Karenanya, dikembangkan sebuah algoritma yang mengakomodasi fakta ini. *Simplified Absorption based*

Model (SAM) merupakan salah satu contoh algoritma yang mengambil nilai serapan fitoplankton sebagai basis (Lee, dkk.1996).

Oleh karena itu, penelitian ini memiliki fokus pada teknik penurunan informasi pantulan spektral pada citra MODIS menjadi nilai produktivitas primer perairan melalui penggunaan algoritma SAM.. Sehingga, atas dasar beragam latar belakang inilah penelitian ini dilaksanakan.

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

- 1) Menganalisis citra MODIS Level 3 SMI menggunakan Algoritma Kuasi Analitis (*QAA*) untuk memperoleh nilai Koefisien Serapan Fitoplankton di Perairan Indonesia.
- 2) Menganalisis citra MODIS Level 3 SMI dengan menggunakan Model Serapan Sederhana (*SAM*) untuk memperoleh besar Produktivitas Primer Fitoplankton di Perairan Indonesia.
- 3) Menganalisis perbandingan nilai serta sebaran Serapan Karbon melalui mekanisme Produktivitas Primer Fitoplankton antara Model Serapan Sederhana (*SAM*) dengan data sekunder lapangan dan produk citra Produktivitas Primer Primer Oregon State University yang menggunakan model *VGPM* dan *CbPM*.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Aqua MODIS Level 3 SMI dengan cakupan wilayah perairan Indonesia. Parameter yang dipakai adalah *Remote Sensing Reflectance* (*Rrs*) untuk 412 nm, 443

nm, 488 nm, 531 nm, 555 nm, 667 nm dan 678 nm, *Photosynthetically Available Radiation* (PAR) serta Zona Eufotik (Zeu) hasil permodelan Lee.

Algoritma Kuasi Analitik (*Quasi Analytical Algorithm*) (Lee, 2002) digunakan untuk mengubah nilai Rrs menjadi nilai koefisien serapan fitoplankton (aph). Selanjutnya, nilai aph, PAR, dan Zeu secara bersama-sama membentuk nilai produktivitas primer menggunakan SAM.

$$PP(z) = \frac{K_p \exp(-1/E(z))}{K_p + E(z)} [\phi_n * a_{ph} * E_0 \exp(-K_{part}(z) * z)]$$

Dimana:

PP_(z) = Produktivitas Primer sampai pada kedalaman Eufotik (molC/m³/day)

K₀ = 10 ein/m²/day

V = 0.01 (ein/m²/day)-1

E₀ = PAR harian (ein/m²/day)

K_{par} = Koefisien Attenuasi difusi pada kolom air (m⁻¹)

Zeu = kedalaman zona eufotik (m)

Φ_m = 0.01 mol C/(ein absorbed)

aph = serapan fitoplankton (m⁻¹)

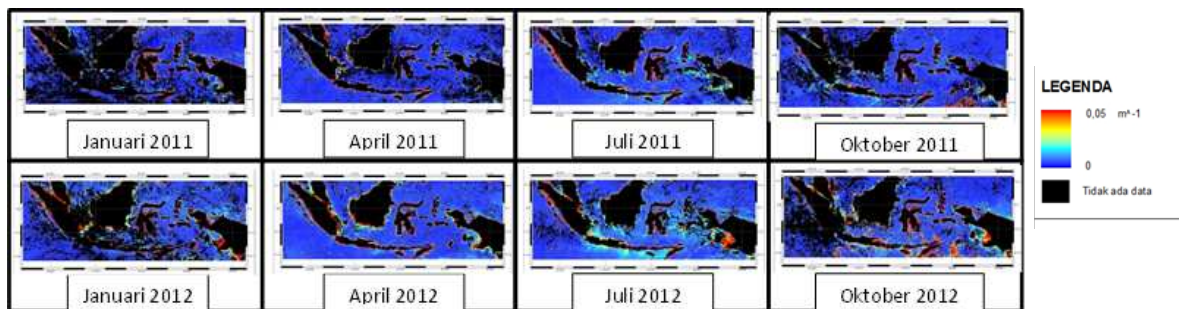
Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan nilai in situ Wyrтки tahun 1961 dan citra produktivitas primer produk Universitas Negeri Oregon (OSU). Lokasi dari penelitian ini adalah Perairan Laut Indonesia secara umum dengan sub kajian berada pada 3 lokasi yaitu Laut Banda, Laut Jawa, dan Laut Selatan Jawa-Nusa Tenggara

HASIL DAN PEMBAHASAN

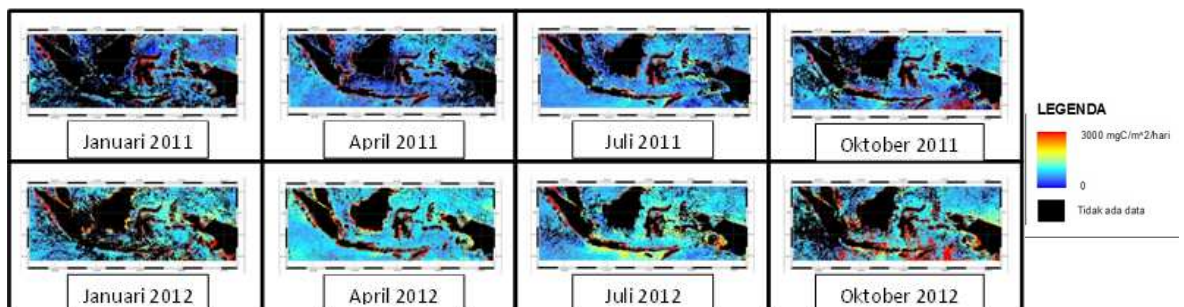
1. Koefisien Serapan Fitoplankton

Berdasarkan pengolahan menggunakan Quasi Analytical Algorithm (QAA) version 5, diperoleh nilai koefisien serapan fitoplankton di Perairan Indonesia. Secara umum, fitoplankton terkonsentrasi di daerah pesisir. Hal ini ditunjukkan dengan tingginya nilai koefisien serapan di daerah pesisir pada sebagian besar pulau-pulau di Indonesia. Nilai ini semakin rendah saat memasuki laut terbuka. Namun, ada saat dimana di laut terbuka memiliki nilai koefisien serapan yang tinggi, misalnya pada kasus Laut Banda pada musim timur tahun 2012.

Hasil ini bila dibandingkan dengan hasil yang tunjukkan dalam penelitian Aini (2007) pada bulan November, yang menunjukkan kondisi nilai di pesisir, khususnya pesisir utara jawa bernilai rendah dan sedang. Sementara bernilai tinggi pada daerah pesisir dengan kondisi terumbu karang yang baik. Jika diasumsikan, nilai yang diperoleh tidak berubah dikarenakan faktor arus laut maupun dinamika pesisir selama 5 tahun adalah tetap, maka nilai yang dihasilkan oleh citra Aqua Modis level 3 SMI dengan menggunakan QAA tidak terlalu baik dalam menampilkan daerah pesisir. Nilai koefisien serapan fitoplankton yang diperoleh dapat tercampuri oleh nilai-nilai objek lain seperti *suspended load* (muatan tersuspensi) yang juga memiliki sifat hijau daun serta ada sebagai proses aktivitas di darat.



Gambar 1. Visualisasi Koefisien Serapan Fitoplankton di Perairan Indonesia Tahun 2011-2012



Gambar 2. Visualisasi Produktivitas Primer Fitoplankton di Perairan Indonesia Tahun 2011-2012

Hasil perhitungan menggunakan QAA juga menunjukkan nilai a_{ph} negatif. Nilai ini bisa ditemukan misalnya pada musim peralihan I tahun 2011 di Laut Sulawesi. Selain nilai negatif, nilai yang juga sangat tinggi muncul pada Pesisir Barat Kalimantan pada musim timur tahun 2011. Pada daerah ini, nilai serapan fitoplankton mencapai $5,4 \text{ m}^{-1}$. Kondisi ini melampaui nilai serapan total (a) pada lokasi tersebut menurut hasil perhitungan. Variasi pola perubahan nilai a_{ph} sepanjang musim pada tahun 2011-2012 dapat diamati pada gambar 1. Hasil ini disebabkan oleh sensitivitas algoritma terhadap input $R_{rs} 412\text{nm}$ (saluran 8)

2. Produktivitas Primer Perairan Indonesia

Pada SAM, peran ketersediaan cahaya ini terkait erat dengan parameter PAR (*Photosynthetically Available Radiation*), Koefisien

Attenuasi (K_dPAR), nilai PAR total saat $\Phi = \frac{1}{2} \Phi_m$ (K_0) dan kedalaman eufotik (Z_{eu}). Sementara itu, terkait dengan kemampuan fitoplankton untuk menyerap cahaya dan berfotosintesis masing-masing diwakili oleh parameter faktor *photoinhibition* (v) dan *Maximum Quantum Yield* (Φ_m). Sedangkan terkait dengan distribusi ataupun keberadaan fitoplankton serta serapan cahayanya diwakili oleh koefisien serapan fitoplankton (a_{ph}).

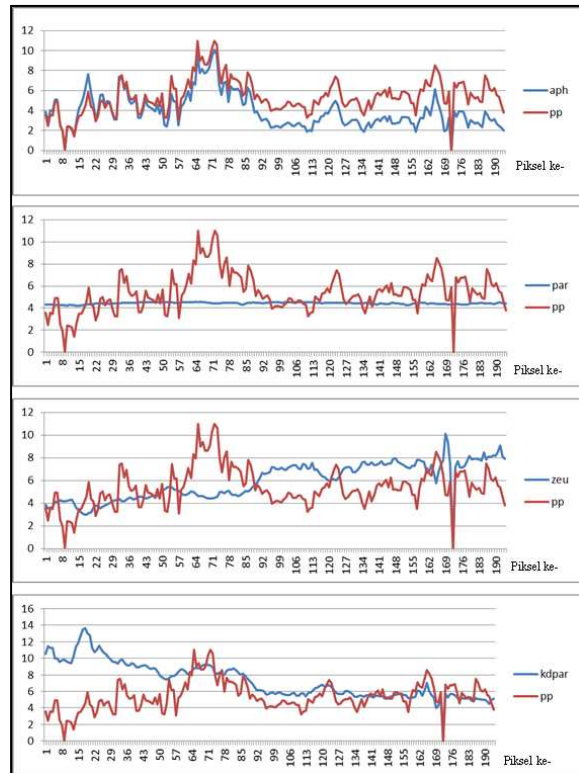
Secara umum, hasil pengolahan nilai produktivitas primer menggunakan SAM menempatkan pesisir bernilai paling tinggi. Pada daerah ini, nilai produktivitas bisa lebih dari $3000 \text{ mgC/m}^2/\text{hari}$. Daerah pesisir juga menunjukkan nilai serapan yang cenderung konsisten. Sebagaimana pola koefisien serapan fitoplankton, nilai produktivitas primer ini perlahan menurun menuju laut terbuka. Variasinya dapat

berubah-ubah menurut musim yang ada sebagaimana yang terlihat pada gambar 2.

Penelitian ini menunjukkan bahwa Agihan spasial nilai produktivitas primer SAM dipengaruhi kuat oleh nilai koefisien serapan fitoplankton. Sementara variabel lain tidak begitu dominan, namun terlihat perannya mempengaruhi nilai pada laut lepas. Hal ini dapat di amati pada gambar 3. Terlihat pola grafik yang paling mirip dimiliki oleh koefisien serapan fitoplankton.

Secara umum, hasil perhitungan produktivitas primer pada citra Aqua Modis level dengan menggunakan SAM menunjukkan nilai yang sangat tinggi dan konsisten pada zona kepepesisiran. Konsisten dalam hal ini bahwa hampir di setiap zona kepepesisiran selalu tinggi. Sementara itu, semakin ke arah laut dalam, nilainya cenderung lebih rendah. Hasil ini bertolak belakang dengan penelitian yang dilakukan Umi Zakiyah pada tahun 2011 di zona kepepesisiran Delta Mahakam. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin ke arah laut dalam, nilai produktivitas primer semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh *suspended load* (muatan tersuspensi) dari pesisir yang mempengaruhi nilai produktivitas yang dihasilkan. Variabel nilai koefisien serapan fitoplankton yang telah tercampur dengan nilai muatan tersuspensi menghasilkan nilai koefisien serapan fitoplankton yang sangat tinggi yaitu $>0,03$. Sebagaimana hasil analisis sebelumnya yang menunjukkan pengaruh kuat nilai koefisien serapan

fitoplankton terhadap nilai produktivitas primer, hal ini menyebabkan nilai produktivitas primer pada zona kepepesisiran yang diolah menggunakan SAM akan memiliki nilai yang sangat tinggi.



Gambar 3. Variasi Nilai Produktivitas Primer (SAM) terhadap PAR, Zeu, KdPAR dan Aph

Keterangan Peng-skala-an:

Zeu= tiap 10 m; PAR = tiap 10 $\text{ein}/\text{m}^2/\text{hari}$;

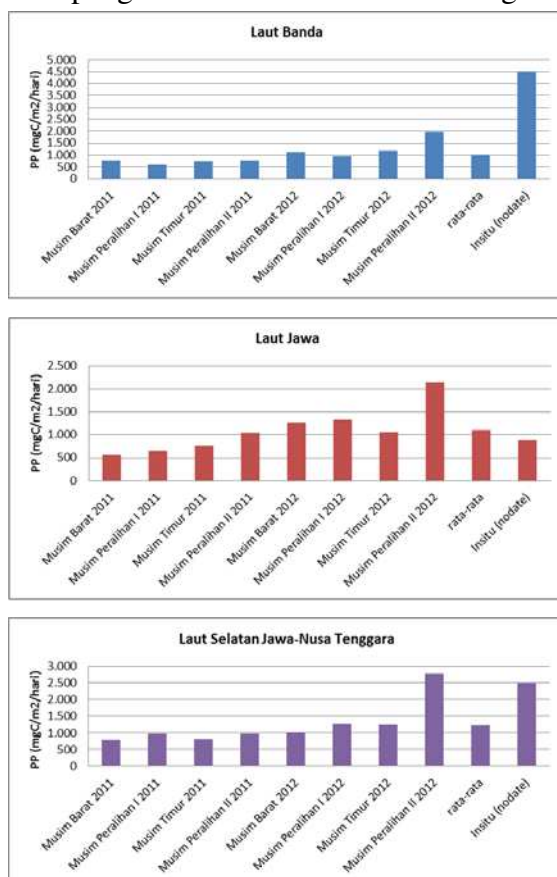
aph = tiap 0,001 m^{-1} ; KdPAR = tiap 0,01 m^{-1}

3. Perbandingan PP (SAM) Dengan data In Situ dan Citra PP (VGPM) dan PP (CBPM)

Perbandingan nilai produktivitas primer fitoplankton hasil perhitungan dengan data sekunder lapangan dapat diamati pada gambar 4. Besar produktivitas primer di Laut Banda dalam dua tahun adalah $1.108 \text{ mgC}/\text{m}^2/\text{hari}$. Sementara data sekunder lapangan menunjukkan bahwa

besar produktivitas di kawasan Laut Banda adalah 4.500 mgC/m²/hari. Terjadi perbedaan yang jauh signifikan antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran in situ. Kalau merujuk pada perhitungan dua tahun terakhir untuk setiap musim, nilai produktivitas maksimal yang bisa dicapai oleh Laut Banda adalah pada musim peralihan II tahun 2012 yaitu sebesar 1.965 mgC/m²/hari. Nilai ini pun belum bisa mendekati nilai pengukuran data sekunder lapangan.

Di kawasan Laut Jawa memberikan hasil yang berbeda dengan apa yang terjadi di Laut Banda. Nilai pengukuran data sekunder lapangan tidak terlalu berbeda dengan



Gambar 4. Grafik Perbandingan Nilai Produktivitas Primer (SAM) Dengan Data Sekunder Lapangan

hasil perhitungan. Pengukuran data sekunder lapangan menunjukkan bahwa besar produktivitas primer di Laut Jawa adalah 900 mgC/m²/hari. Sementara itu, nilai rata-rata produktivitas sepanjang dua tahun terakhir adalah 1.103 mgC/m²/hari. Lebih besar sekitar 200 mgC/m²/hari dari perhitungan menggunakan algoritma SAM

Nilai hasil pengukuran data sekunder lapangan untuk Laut Selatan Jawa dan Nusa Tenggara sekitar 2.500 mgC/m²/hari. Sementara itu rata-rata nilai hasil perhitungan selama dua tahun terakhir adalah 1.320 mgC/m²/hari. Nilai ini berbeda hampir dua kali lipat dengan pengukuran data sekunder lapangan. Namun, bila dibandingkan dengan nilai pengukuran pada musim peralihan II pada tahun 2012, nilai hasil perhitungan tidak terlalu berbeda dengan hasil pengukuran. Nilai hasil perhitungan ini adalah 2.785 mgC/m²/hari. Nilai ini sedikit lebih tinggi dibandingkan hasil perhitungan.

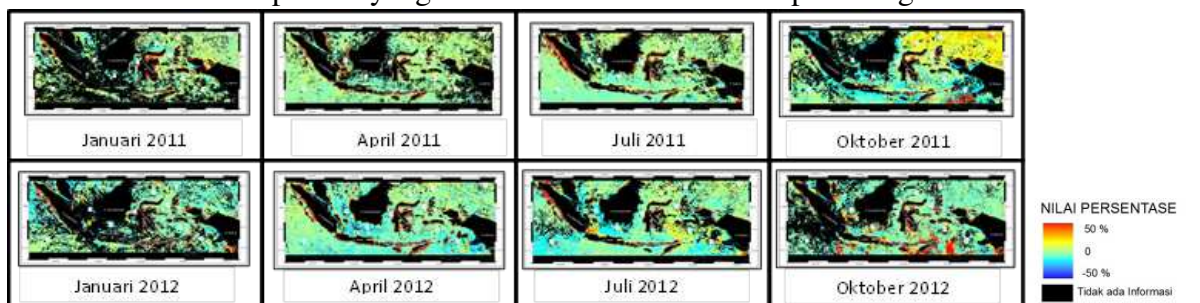
Berdasarkan hasil perbandingan ini, dapat kita rumuskan, bahwa apabila nilai data sekunder lapangan diasumsikan sebagai acuan nilai yang benar, maka algoritma SAM yang diterapkan dalam penelitian ini tidak konsisten dalam menghasilkan nilai produktivitas primer. Karena terlihat bahwa nilai yang dihasilkan tidak selalu lebih tinggi atau lebih rendah dari nilai data sekunder lapangan. Pada Laut Banda dan laut selatan Jawa dan Nusa Tenggara, nilai perhitungan lebih rendah dari nilai yang diperoleh dari data sekunder. Sementara pada Laut Jawa, nilai perhitungan lebih tinggi dari nilai data sekunder. Walaupun demikian, hasil

perbandingan ini juga mengindikasikan akurasi nilai dari seluruh proses yang terlibat dalam perhitungan ini cukup baik, dengan beda selisih nilai yang kecil di Laut Jawa dan Laut Selatan Jawa dan Nusa Tenggara. walaupun pada laut banda memiliki selisih yang sangat tinggi dimana bisa terjadi karena adanya fenomena upwelling.

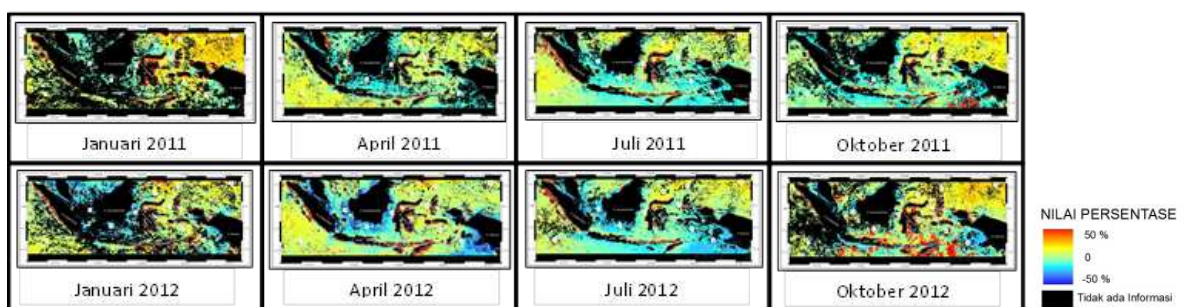
.Data korelasi antara SAM dan VGPM maupun CBPM yang senantiasa menghasilkan nilai dibawah 0,01 menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan oleh algoritma terhadap variabel waktu. Keduanya berdiri secara independen. Korelasi disini menunjukkan kemiripan secara spasial antara dua citra. Hasil yang rendah menunjukkan bahwa secara spasial, kedua citra yang diperbandingkan adalah berbeda. Ketidaksesuaian pola yang ada

disebabkan oleh banyak dari data (piksel) yang berselisih sangat jauh. Misalnya, saat data VGPM bernilai tinggi, banyak dari data SAM yang bernilai rendah. Sebaliknya, pada saat data VGPM bernilai rendah, banyak dari data SAM yang bernilai tinggi.

Kasus ini dapat diamati pada citra percentage of difference dari kedua jenis algoritma. Visualiasasi dari hasil analisis ini dapat dilihat pada gambar 5 dan 6. Pada kasus SAM terhadap CBPM, secara umum selisih terbesar terdapat di daerah pesisir. Hampir di semua pesisir pulau-pulau di Indonesia memiliki nilai selisih tinggi yang positif. Artinya, nilai produktivitas yang dihasilkan melalui perhitungan SAM jauh melebihi apa yang dihitung menggunakan CBPM. Namun, ada banyak pula nilai hasil perhitungan dengan algoritma SAM yang lebih rendah dari perhitungan CBPM.



Gambar 5. Visualisasi Nilai Percentage Of Difference PP(SAM)-PP CbPM di Perairan Indonesia Tahun 2011-2012



Gambar 6. Visualisasi Nilai Percentage Of Difference PP(SAM)-PP VGPM di Perairan Indonesia Tahun 2011-2012

Misalnya kasus pada musim barat tahun 2011 (citra bulan Januari 2011) selisih dengan nilai negatif terdapat di sepanjang Laut Sulawesi dan Pesisir Selatan Pulau Kalimantan. Kasus serupa dapat pula diamati pada perhitungan *Percentage of difference* antara SAM dan VGPM.

Keseluruhan hasil ini menunjukkan bahwa produktivitas primer yang diperoleh dari citra Aqua Modis menggunakan SAM terhadap produktivitas primer produk OSU dengan model VGPM maupun CBPM tidak terlalu berbeda dalam hal nilai, terutama pada laut terbuka. Walaupun demikian cukup berbeda pada zona pesisir. Hasil analisis *percentage of difference* juga menunjukkan bahwa SAM dan CBPM serta VGPM memiliki variasi spasial yang berbeda.

KESIMPULAN

1. Citra Aqua Modis level 3 SMI mampu diolah untuk memperoleh nilai koefisien serapan fitoplankton (aph) dengan menggunakan Quasi Analytical Algorithm (QAA) dimana menghasilkan nilai minimum mendekati 0 dan maksimum mencapai lebih dari 0,03. Namun, hasil ini sangat dipengaruhi oleh sifat QAA yang sensitif terhadap nilai pantulan pada saluran 8 Aqua Modis. Selain itu, penggunaan QAA pada Aqua MODIS level 3 SMI menghasilkan informasi nilai koefisien serapan fitoplankton yang masih dipengaruhi oleh muatan tersuspensi, khususnya di zona kepepesisiran. Hal ini yang menyebabkan nilai aph pada zona kepepesisiran jauh lebih tinggi dibandingkan nilai aph pada laut lepas.
2. Citra Aqua Modis level 3 SMI mampu diolah untuk memperoleh nilai produktivitas primer dengan menggunakan Simplified Absorption based Model (SAM) dimana menghasilkan nilai minimum mendekati 0 dan maksimum mencapai lebih dari 3000 mgC/m²/hari. Nilai produktivitas primer yang diperoleh sangat dipengaruhi oleh nilai koefisien serapan fitoplankton dengan angka korelasi mencapai 0,79. Sementara PAR, photoinhibition, maximum quantum yield, K_Φ, kedalaman eufotik, dan KdPAR memiliki pengaruh yang tidak signifikan. Hal inilah yang menyebabkan nilai produktivitas primer cenderung lebih tinggi di zona kepepesisiran dibandingkan nilai yang sama di laut lepas.
3. Perbandingan Produktivitas primer yang diperoleh dari citra Aqua Modis level 3 SMI melalui penggunaan SAM dengan data sekunder lapangan Wyrki menunjukkan akurasi nilai dari seluruh proses yang terlibat dalam perhitungan ini cukup baik walaupun tidak konsisten. Hal ini ditunjukkan dengan beda selisih nilai yang kecil di Laut Jawa dan Laut Selatan Jawa dan Nusa Tenggara. walaupun pada Laut Banda memiliki selisih yang sangat tinggi. Nilai *percentage of difference* produktivitas primer yang diperoleh dari citra Aqua Modis level 3 SMI dengan menggunakan SAM terhadap produktivitas primer produk OSU

dengan model VGPM maupun CBPM juga menunjukkan bahwa masing-masing nilai tidak jauh berbeda, terutama pada laut terbuka yakni kurang dari 50%. Walaupun demikian, nilai ini cukup berbeda pada zona kepeosisiran dengan selisih lebih dari 50%. Hasil analisis percentage of difference juga menunjukkan bahwa SAM dan CBPM serta VGPM memiliki variasi spasial yang berbeda dimana hasil ini didukung pula dengan nilai korelasi yang rendah yakni kurang dari 0,1.

.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, M.Q. (2007). Kajian Distribusi Potensi Fitoplankton di Sebagian Laut Utara Jawa Menggunakan Citra MODIS. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM
- Lee, A., Carder, K.L. dan Arnone, R.A. (2002). Deriving inherent optical properties from water color: a multiband quasi-analytical algorithm for optically deep waters, *Applied Optics* 41 (27): 5755-5772.
- Lee, Z.P., Carder, K. L., Marra, J., Steward, R.G., dan Perry, M. J. (1996). Estimating primary production at depth from remote sensing. *APPLIED OPTICS* Vol. 35, No. 3 20 January 1996
- Marra, J., Trees, C.C.; dan O'Reilly, J.E. (2007). Pigment Absorption: A Strong Predictor Of Primary Productivity In The Surface Ocean. *Deep-Sea Research I* 54 (2007) 155–163
- NN.tt. About MODIS. <http://MODIS.gsfc.nasa.gov/about/> (13 November 2012)
- Zakiah, Umi. (2012). Model Spasial Ekologis Produktivitas Primer Ekosistem Perairan Pantai Delta Mahakam Dengan Teknik Penginderaan Jauh. Disertasi. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM