

Koreksi Atmosferik Non-Standar Nir-Swir dan Mumm untuk Ekstraksi Informasi Konsentrasi Klorofil-A di Perairan *Case-1* Indonesia

Gathot Winarso¹, Yennie Marini¹

¹ Bidang Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Laut Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN,
Email : gathot_winarso@lapan.go.id

Abstrak – Model dan algoritma untuk ekstraksi informasi konsentrasi klorofil- sudah ada dan bisa dimanfaatkan dalam skala global dan pada perairan *case-1* pada umumnya. Selain algoritma standar yang dikeluarkan oleh NASA baik algoritma *in-water* maupun koreksi atmosferik, ada beberapa algoritma non-standar yang bisa digunakan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui sejauh mana pengaruh atau hasil algoritma non-standar terhadap hasil estimasi konsentrasi klorofil-a dibandingkan dengan menggunakan algoritma standar dan pengukuran lapangan. Telah dilakukan pengolahan ekstraksi informasi klorofil-a dengan menggunakan koreksi atmosferik menggunakan kombinasi kanan NIR (*near infra red*) dan SWIR (*shortwave infrared*) dan model MUMM (*Management Unit of the North Sea Mathematical Models*) kemudian dibandingkan hasilnya dengan hasil dengan menggunakan koreksi atmosferik standar. Walaupun beberapa koreksi atmosferik non-standar digunakan untuk menyempurnakan koreksi atmosferik standar pada perairan *case-2*, tetapi sebagai kajian awal pengaruh koreksi atmosferik non-standar terhadap konsentrasi klorofil-a yang dihasilkan. Koreksi atmosferik dengan metode SWIR mampu meningkatkan akurasi konsentrasi klorofil-a, sedangkan metode MUMM tidak memberikan hasil yang lebih baik dari koreksi atmosferik standar. Hasil ini diperkirakan karena kondisi aerosol wilayah Indonesia yang unik. Perlu dianalisis lebih lanjut tentang kondisi aerosol dan pengujian koreksi atmosferik non-standar ini pada perairan *case-2*.

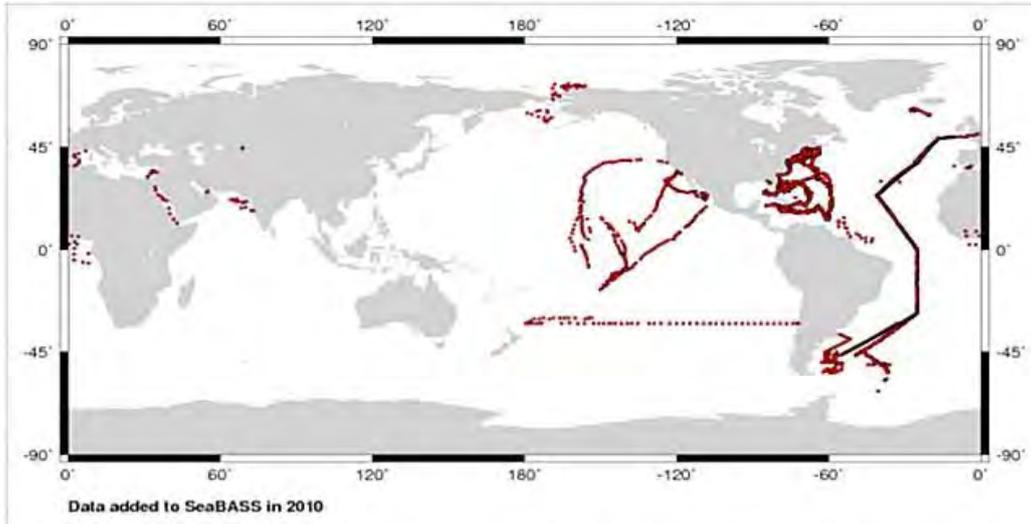
Kata kunci : MODIS, klorofil-a, koreksi atmosferik

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi satelit penginderaan jauh (inderaja) untuk kelautan sangat pesat sekali, dimana sekarang ini beberapa negara telah memiliki satelit yang dilengkapi dengan sensor yang khusus didesain untuk aplikasi kelautan. Salah satu parameter yang dapat diukur dengan menggunakan sensor penginderaan jauh adalah konsentrasi kandungan klorofil-a di perairan yang menrefleksikan biomasa dari produser primer di perairan yaitu fitoplankton. Estimasi biomasa fitoplankton menggunakan kandungan konsentrasi klorofil-a ini sering digunakan karena klorofil-a secara umum terkandung di dalam semua spesies fitoplankton dan dapat mudah diukur serta relatif tersedia melimpah untuk memperkirakan kapasitas produksi dari suatu komunitas fitoplankton. Teknik penginderaan jauh dari pesawat udara dan satelit menyediakan informasi spasial yang lebih luas akan kelimpahan fitoplankton. Teknik ini berdasarkan fakta bahwa radian yang dipantulkan dari permukaan air dalam spektrum *visible* (sinar tampak) (400-700 nm) berhubungan dengan konsentrasi klorofil-a. Sebab klorofil berwarna hijau, warna air laut akan berubah dari biru ke hijau dengan naiknya konsentrasi klorofil dan dengan sedikit perbedaan warna yang relatif ini dapat mengukur konsentrasi klorofil (Lalli dan Parson, 1997).

Pengembangan model dan metode ekstraksi informasi konsentrasi klorofil-a menggunakan data penginderaan jauh telah berkembang dengan baik untuk penggunaan pengamatan global. NASA dan ESA sebagai pengelola satelit dengan sensor *ocean color* (CZCS, SeaWiFS, MODIS, MERIS), telah mengembangkan metode pengolahan untuk ekstraksi informasi konsentrasi klorofil-a di dalam kolom air mulai dari pengolahan awal, koreksi atmosferik, algoritma sampai dengan uji akurasi algoritma menggunakan data lapangan (Gordon and Wang, 1994; Gordon and Voss, 1999; O'Reilly et al, 2000, Antoine and Morel, 2011). Konsentrasi klorofil-a dihitung dari reflektansi yang hanya keluar dari kolom air dimana konsentrasi klorofil mempengaruhi besaran reflektansi yang dipantulkan. Koreksi atmosfer untuk mendapatkan reflektansi yang berasal dari kolom air saja sangat vital dilakukan karena hanya 10-20% dari total reflektansi yang diterima oleh sensor (TOA : *top of the atmosphere*).

Model dan algoritma yang sudah ada dan bisa dimanfaatkan dalam skala global dan pada perairan *case-1* pada umumnya. Akan tetapi data pengukuran lapangan yang digunakan ternyata tidak ada satupun yang diukur di perairan Indonesia (Ocean Colour Forum, 2012). Selain hal tersebut, faktor dari atmosfer seperti aerosol dan molekul air yang akan melakukan *scattering* terhadap gelombang elektromagnetik yang lewat, sangat dinamis akan berubah dalam dimensi waktu dan lokasi yang berbeda. Model koreksi atmosferik dan algoritma *in-water* bisa jadi tidak akan memberikan akurat untuk pengukuran di perairan wilayah Indonesia.



Gambar 1. Lokasi stasiun pengukuran data in-situ yang digunakan untuk pengembangan model yang sudah ada dari basis data SeaBASS 2011 (sumber : Ocean Color Forum, 2012)

Pada tulisan ini dijelaskan akurasi dari konsentrasi klorofil-a dari data MODIS yang dihitung menggunakan koreksi atmosferik non standar SWIR dan MUMM yang dibandingkan dengan hasil menggunakan koreksi atmosferik standar. Semua nilai estimasi nilai klorofil-a dari data MODIS dihitung menggunakan algoritma on-water yang sama yaitu algoritma standar chl_{oc3}.

MATERI DAN METODE

Satelit EOS Aqua MODIS

Satelit EOS Aqua dengan sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) merupakan salah satu satelit penginderaan jauh, yang memiliki kemampuan memantau permukaan bumi dan fenomena lingkungan dengan resolusi spasial 250 m, 500 m, dan 1000 m. Satelit ini dapat mencakup wilayah cakupan yang luas, yaitu sekitar 2.330 Km setiap hari dengan resolusi spektral sebanyak 36 kanal. Satelit ini mulai beroperasi sejak tanggal 4 Mei 2002. Satelit ini mempunyai kembaran dengan sensor yang sama persis yaitu Satellite Terra, tetapi untuk informasi konsentrasi klorofil-a tidak banyak digunakan karena ada permasalahan dalam kalibrasinya. Karakteristik spektral MODIS dapat dilihat pada Tabel 1.

Kanal 8 sampai dengan 16 merupakan panjang gelombang khusus untuk aplikasi ocean color yang dapat mengukur kandungan klorofil-a dalam fitoplankton di laut. Sedangkan Kanal 31 dan 32 untuk mengukur suhu permukaan laut. Sehingga sensor MODIS dapat menghasilkan citra konsentrasi klorofil-a dan SPL dalam waktu yang bersamaan.

Data MODIS

LAPAN memiliki stasiun bumi untuk menerima data dari satelit EOS Aqua dan Terra yang membawa sensor MODIS di Balai Penginderaan Jauh Pare-pare. Data yang direkam oleh stasiun bumi kemudian disimpan dalam format level 0. Selain disimpan dalam level 0, data MODIS juga diproses menjadi level 1A, 1B dan Level 2 untuk berbagai produk. Salah satu produk level-2 yang biasa digunakan adalah produk informasi konsentrasi klorofil-a dan suhu permukaan laut. Pengolahan dan penyimpanan data dilakukan oleh berbagai unit kerja / bidang di LAPAN yaitu oleh Balai Penginderaan Jauh Pare-pare, Bidang Pengembangan Bank Data Pustekdata, Bidang Lingkungan dan Mitigasi Bencana Pusfatja dan Bidang Teknologi Akuisisi Data Pustekdata. Data level-2 diolah sendiri menggunakan software SeaDAS sesuai standar dari NASA. Selain bisa mengolah data standar, dengan software ini bisa mengolah data non-standar seperti yang diperlukan dalam kegiatan ini. Sebagai contoh adalah konsentrasi klorofil dengan algoritma GSM dan GIOP atau konsentrasi klorofil-a dari algoritma standar chl_{oc3} tetapi menggunakan koreksi atmosferik MUMM dan NIR-SWIR. Jadi data yang digunakan dalam

kegiatan ini adalah data level 0 dari Balai Penginderaan Jauh Pare-pare melalui server Bidang Teksista Pustekdata, kemudian diolah oleh tim peneliti kegiatan ini menjadi informasi level 2 dengan 2 menggunakan koreksi atmosfer yang berbeda yaitu koreksi menggunakan kombinasi kanal infra merah dekat (NIR) - infra merah jauh (SWIR) dan MUMM yang terdapat dalam paket software SeaDAS.

Tabel 1. Karakteristik Sensor MODIS.

KANAL	SPEKTRUM	KEGUNAAN
1	620 – 670 nm	Lahan/Awan/ Aerosol Boundaries
2	841 – 876 nm	
KANAL	SPEKTRUM	KEGUNAAN
3	459 - 479 nm	Lahan/Awan/ Aerosols Boundaries
4	545 – 565 nm	
5	1230 – 1250 nm	
6	1628 – 1652 nm	
7	2105 – 2155 nm	Ocean color / Fitoplankton / Biogeokimia
8	405 – 420 nm	
9	438 – 448 nm	
10	483 – 493 nm	
11	526 – 536 nm	
12	546 – 556 nm	
13	662 – 672 nm	
14	673 – 683 nm	
15	743 – 753 nm	
16	862 – 877 nm	
17	890 – 920 nm	Uap air atmosfir
18	931 – 941 nm	
19	915 – 965 nm	S urface/ Temperatur Awan
20	3.660 – 3.840 um	
21	3.929 – 3.989 um	
22	3.929 - 3.989 um	
23	4.020 – 4.080 um	Temperatur atmosfir
24	4.433 – 4.498 um	
25	4.482 – 4.549 um	Awan Cirrus Uanp air
26	1.360 – 1.390 um	
27	6.535 – 6.895 um	
28	7.175 – 7.457 um	Sifat awan
29	8.400 8.700 um	
30	9.580 – 9.880 um	Ozone
31	10.780 – 11.280 um	
32	11.770 – 2.270 um	Surfacel/ Temperatur awan
33	13.185 – 13.485 um	
34	13.485 – 13.785 um	Cloud top Altitude
35	13.785 – 14.085 um	
36	14.085 – 14.385 um	

Data In-Situ

Data lapangan atau data in-situ yang digunakan dalam penelitian ini adalah berasal dari pengukuran sendiri dengan mengambil sampel di laut, kemudian disaring dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisa kandungan konsentrasi klorofil-a nya. Data in-situ yang digunakan adalah hasil dari pengambilan sampel yang dilakukan bersama MOMSEI Cruise 2012 dan analisa sampel di Lab Produktifitas Primer dan Lingkungan IPB.

MOMSEI Cruise 2012 adalah pelayaran penelitian dengan judul *Monsoon Onset Monitoring and its Social and Ecosystem Impact* yang disponsori oleh IOC UNESCO, yang dilaksanakan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan (Balitbang KP) dan *The First Institute of Oceanography* (FIO) China. LAPAN menggabungkan diri ke dalam pelayaran tersebut untuk bisa mengambil data lapangan dengan wahana yang mereka rencanakan. Kegiatan survey ini dilaksanakan pada tanggal 25 April – 12 Mei 2012 dengan menggunakan Kapal Latih dan Riset Madidihang 03 milik Sekolah Tinggi Perikanan Jakarta. Lokasi titik-titik stasiun pengambilan sampel disajikan dalam Gambar 2.

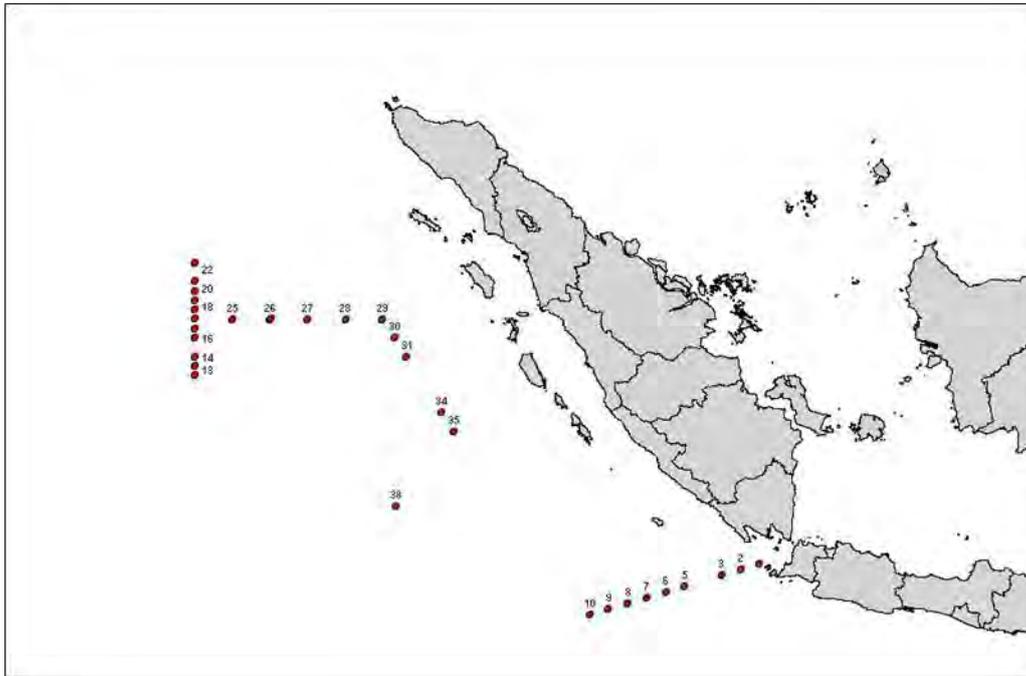
Ada 34 stasiun pengamatan akan tetapi tidak semua stasiun diperoleh data konsentrasi klorofil-a-nya. Hanya ada 25 lokasi dengan data konsentrasi klorofil-a. Hal ini dikarenakan survei dilakukan selama 24 jam, sehingga ada beberapa stasiun yang dilaksanakan pada saat malam hari. Karena data satelit untuk ocean color hanya bisa bekerja pada siang hari, maka pada saat malam hari data klorofil-a tidak diukur. Selama survei, sampel air sebanyak 2 liter disaring dengan GFF whatman filter sesuai standar pengukuran klorofil-a langsung di lapangan sesaat setelah contoh air diambil. Fitoplankton yang tertinggal di dalam filter kemudian disimpan termasuk filternya dalam lemari es untuk dianalisa kandungan klorofil-a di laboratorium IPB. Konsentrasi klorofil-a diukur dengan menggunakan spektrometer.

Selain mengukur klorofil-a dengan pengambil sampel, klorofil-a juga diukur secara kontinyu menggunakan fluorometer 10-AU. Tetapi hasil pengukurannya kurang bagus sehingga tidak bisa digunakan. Ada selisih yang cukup banyak dan tidak sistematis antara klorofil-a dari spektrometer dengan alat ini. Hal ini diperkirakan karena proses kalibrasi yang kurang akurat. Selain konsentrasi klorofil-a juga diperoleh dari pelayaran ini data suhu permukaan laut baik dari CTD maupun alat thermosalinograph SBE yang terpasang di kapal. Ada satu informasi lagi yaitu pengukuran produktifitas primer menggunakan phyto PAM.

Ekstraksi Informasi Klorofil-A

Konsentrasi klorofil-a yang dipakai dalam penelitian ini adalah konsentrasi klorofil-a dari data MODIS yang diproses dengan algoritma standar Ocean Biology Processing Group NASA chl_oc3 (O'Reilly, 2000) yang dihitung dari nilai reflektan yang keluar dari kolom air (*water-leaving reflectance*). Reflektan yang keluar dari kolom air saja dihitung dengan cara yang cukup rumit dengan menghilangkan pengaruh-pengaruh lain seperti pengaruh hamburan oleh molekul air, aerosol dan interaski keduanya, pengaruh *sunlint* dan pengaruh kekasaran

permukaan air yang dikembangkan oleh Gordon and Voss (1999). Perhitungan pengaruh hamburan molekul air, sunglint dan kekasaran permukaan air dihitung menggunakan data-data tambahan, sementara pengaruh hamburan aerosol dan interaksi molekul-aerosol (*multiple scattering*) dihitung dari kanal-kanal infra merah dekat (NIR) dimana diasumsikan bahwa reflektan pada kolom air dari kanal-kanal NIR ini dianggap nol. Diagram alir dan algoritma ekstraksi informasi konsentrasi klorofil-a dari Data MODIS disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 2. Lokasi Stasiun Pengambilan Data Lapangan dalam MOMSEI Cruise 2012.

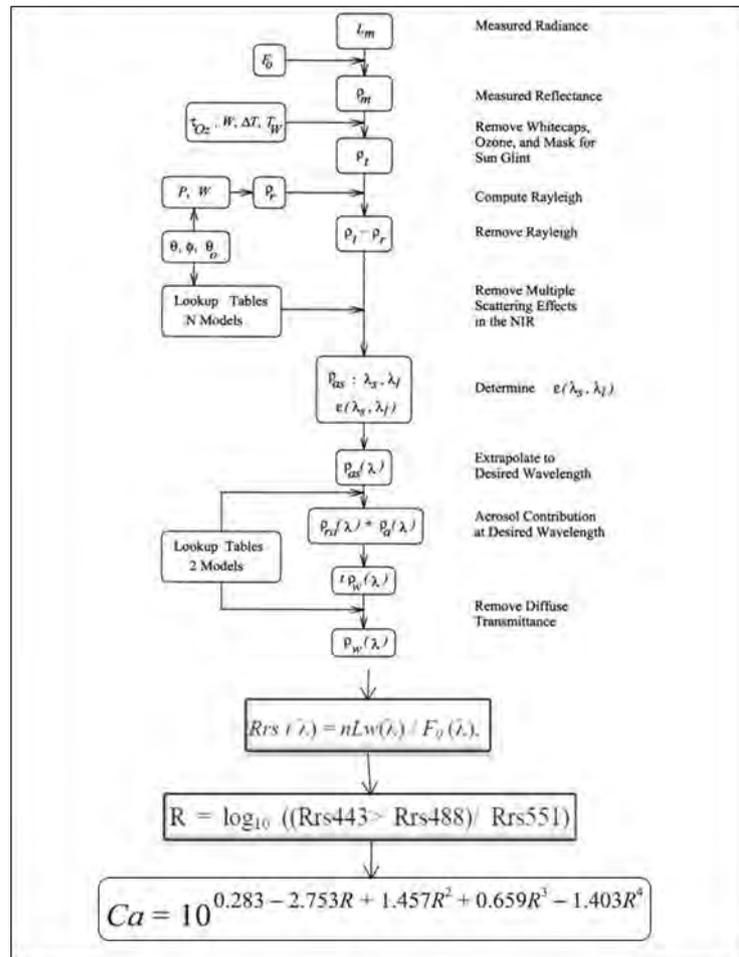
Proses dari nilai radian terukur (L_m *measured radiance*) sampai reflektan dari kolom air saja (ρ_w *water-leaving reflectance*) merupakan proses koreksi atmosferik yaitu proses menghilangkan pengaruh atmosfer dan hanya menghitung reflektan yang datang dari kolom air. Pada diagram Gambar 3 disajikan koreksi atmosferik dengan metode standar Gordon and Voss (1999) yaitu menggunakan kanal infra merah dekat (NIR) untuk mendapatkan nilai epsilon yang nanti digunakan untuk mengkoreksi kanal-kanal sinar tampak (visible) dengan asumsi bahwa pantulan pada kanal-kanal NIR dari kolom air adalah nol.

Koreksi kolom air menggunakan kanal SWIR dikenalkan oleh Wang and Shi (2005) kemudian dikembangkan lagi dengan menggabungkan NIR_SWIR (Wang and Shi, 2007) dan dipalikasi oleh Tim OBPG NASA SeaDAS dan diaplikasikan ke dalam paket SeaDAS. Konsep koreksi atmosferik SWIR tersebut dibangun karena pada kenyataan pada perairan yang keruh reflektan dari kanal-kanal NIR tidak nol seperti yang diasumsikan sehingga menimbulkan estimasi nilai yang berlebih dan mengakibatkan estimasi nilai konsentrasi klorofil pada perairan yang agak keruh tidak akurat. Kanal-kanal SWIR diasumsikan lebih bagus dalam menyerap energi gelombang elektromagnetik.

Metode pengolahan data *ocean color* menggunakan kombinasi kanal NIR dan kanal SWIR untuk koreksi atmosferik pada data MODIS dikenalkan oleh Wang and Shi (2007). Aqua MODIS telah menghasilkan produk *ocean color* dengan kualitas yang tinggi di samudera lepas, tetapi masih ada beberapa kesalahan yang signifikan dalam menghasilkan produk di kawasan pesisir. Dengan penggunaan kombinasi algoritma NIR-SWIR ini, data MODIS dapat diproses menggunakan koreksi atmosfer standar di samudera lepas (case-1) dan pada kawasan pesisir diproses menggunakan koreksi atmosferik SWIR. Pemisahan daerah case-1 dan pesisir menggunakan Indeks Air Keruh (Turbid water index) yang dikembangkan oleh Shi and Wang (2007). Metode ini telah dievaluasi dan diujicoba di dua daerah sebagai contoh yaitu pantai di Amerika Serikat dan China, hasilnya menunjukkan adanya perkembangan kualitas produk *ocean color* dengan menggunakan pendekatan ini.

Model koreksi atmosferik yang digunakan adalah dari MUMM (*Management Unit of the North Sea Mathematical Models*) yang dikembangkan oleh Ruddick et al (2000). Paket koreksi geometrik ini ada dalam paket software SeaDAS. Algoritma standar untuk koreksi atmosfer yang didesain untuk perairan laut terbuka (case-1) telah digunakan untuk perairan yang keruh di pesisir. Kegagalan algoritma standar ini untuk perairan yang keruh dapat dijelaskan dengan tidak validnya asumsi bahwa reflektan dari kolom air adalah nol pada panjang gelombang NIR pada 765 dan 865 nm. Pada metode MUMM ini asumsi tersebut diganti dengan asumsi bahwa rasio antara reflektan aerosol dan reflektan dari kolom air adalah homogen secara spasial pada panjang

gelombang 765 dan 865 nm. Dua rasio tersebut dikenakan sebagai parameter kalibrasi setelah memeriksa scatterplot dari reflektan Rayleigh terkoreksi. Performa dari model baru ini didemonstrasikan untuk perairan pesisir Belgia dan dapat menghasilkan radian dari kolom air yang realistis. Komparasi awal dengan data spektral radian in-situ di Danau Markemeer Belanda menunjukkan adanya perkembangan yang signifikan dibanding dengan algoritma standar.

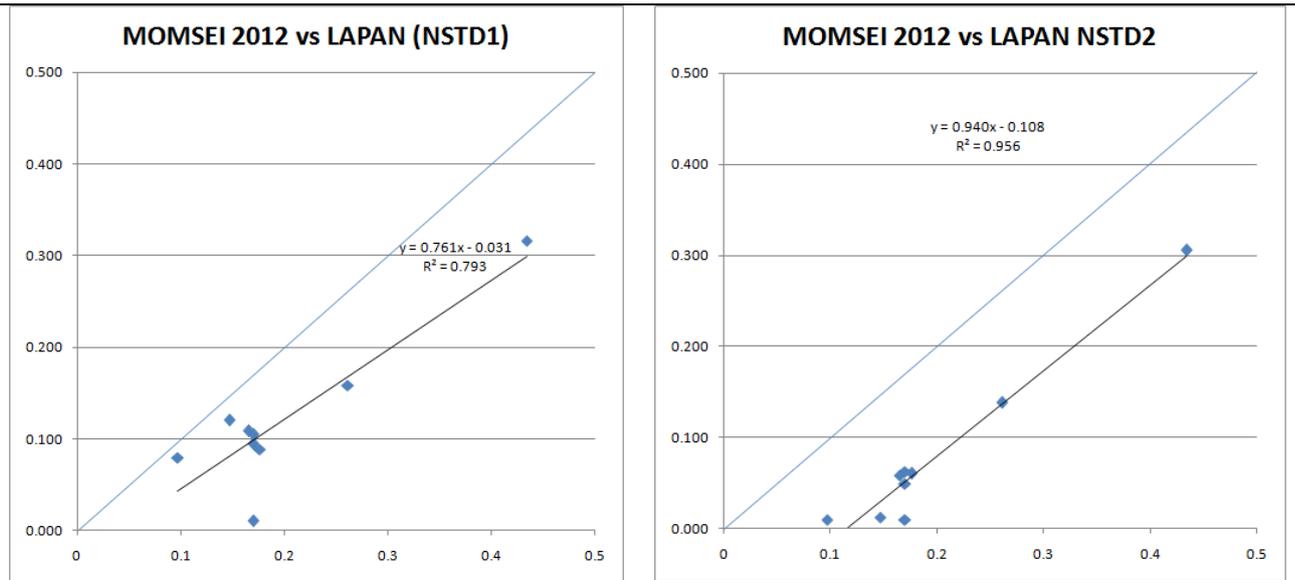


Gambar 3. Diagram alir dan algoritma ekstraksi informasi konsentrasi klorofil-a dari Data MODIS (O'Reilly, 2000; Gordon and Voss, 1999.)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Informasi konsentrasi klorofil-a yang diuji pada sub bab ini adalah informasi konsentrasi klorofil-a yang diturunkan dengan algoritma *in-water* standar MODIS chl_oc3 yang diolah sendiri dari level raw data sampai level 2 menggunakan software SeaDAS. Akan tetapi untuk algoritma koreksi kolom air menggunakan non-standar yaitu koreksi atmosferik dengan menggunakan dasar algoritma band *short wave infra red* (SWIR) (Wang and Shi, 2005) yang kemudian dikembangkan menjadi algoritma NIR-SWIR (Wang and Shi, 2007) dan koreksi atmosferik MUMM (Ruddick *et al*, 2000).

Hasil analisa digambarkan dalam grafik garis korelasi dalam perbandingan 1 banding 1 yang disajikan dalam Gambar 3.1. Garis biru adalah garis bantu yang menunjukkan posisi ideal titik-titik plot perbandingan. Dari nilai R², model MUMM lebih bagus yaitu 0,956 sementara model NIR-SWIR menghasilkan nilai R² 0.793. Akan tetapi dari persamaan korelasi Metode MUMM lebih bagus karena memiliki garis korelasi yang sejajar dengan garis biru walaupun jarak antar kedua garis lebih jauh. Hal ini mengindikasikan bahwa simpangan baku merata pada semua tingkat konsentrasi. Sementara untuk hasil dari metode NIR-SWIR memiliki nilai korelasi yang lebih kecil tetapi pada konsentrasi antara 0,1 -0,2 nilai simpangannya lebih kecil.



Gambar 3.1. Hasil korelasi, garis trend an nilai koefisien korelasi untuk algoritma koreksi atmosferik non-standar (SWIR/NSTD1 dan MUMM/NSTD2) masing-masing dengan algoritma in water standar.

Hasil analisa statistik akurasi disajikan pada Tabel 3.1 yang menunjukkan bahwa model NIR-SWIR lebih akurat dengan nilai Normalized Mean Bias (MNB) (%) lebih rendah yaitu -40,44 % yang artinya memiliki akurasi 60%. Sedangkan MUMM hanya menghasilkan nilai MNB (%) sebesar -68,54% atau memiliki akurasi 31 %. Sebagai perbandingan dari hasil pengolahan koreksi atmosferik non-standar tersebut, digunakan hasil evaluasi algoritma standar baik algoritma *in-water* maupun algoritma koreksi atmosferiknya yang dilaporkan oleh (Winarso, et al, 2013).

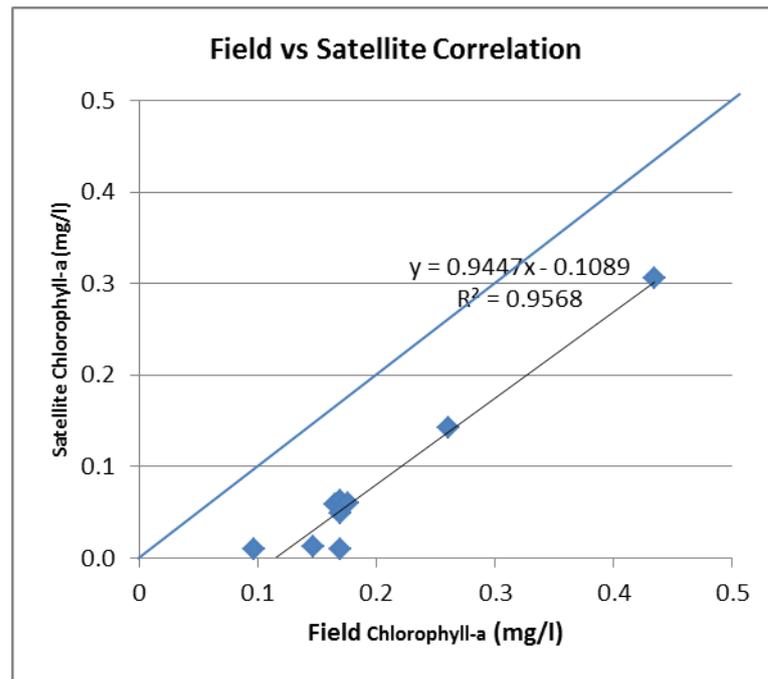
Tabel 3.1. Tabel hasil analisa akurasi dan match up konsentrasi klorofil-a dari berbagai algoritma dan perlakuan dengan data in-situ(* Sumber : Winarso et al, 2013)

No	Citra	In-Situ	Slope	Intercept	R ²	NMB (%)	RMSE	n (Data)
1	LAPAN SWIR	MOMSEI 2012	0.761	-0.031	0.79	-40.44	0.08	9
2	LAPAN MUMM	MOMSEI 2012	0.94	-0.108	0.96	-68.54	0.089	9
3*	LAPAN oc3	MOMSEI 2012	0.944	-0.108	0.96	-68.3	0.089	9
4*	LAPAN oc3	MoMSEI 2012 Koreksi	1.476	-0.108	0.96	-50.5	0.072	9

Menurut Winarso et al (2013) hasil analisa *match up* antara konsentrasi klorofil-a dari pengolahan sendiri menggunakan input data *raw* dari stasiun bumi milik LAPAN dan diproses dengan algoritma standar baik algoritma *in-water* maupun algoritma koreksi atmosferik menghasilkan korelasi seperti disajikan dalam Gambar 4.10. Nilai slope yang cukup bagus yaitu 0.944 tetapi dengan nilai intersep -0.108 relatif tinggi karena rentang konsentrasi datanya hanya berkisar 0 – 0,4 mg/m³. Sehingga menghasilkan nilai akurasi 32% (dari nilai MNB (%) -68.3 % yang artinya estimasi rendah sebesar 68%.

Sebelum dikoreksi secara fluorometric MNB (%) = -68,3 % *under-estimate*, RMSE = 0,089. Setelah dilakukan koreksi fluorometric dengan mengalikan hasil pengukuran spektrometer dengan 0,64 (Darecki and Stramski, 2004), maka MNB (%) = -50,5 % *unde-restimate*, RMSE = 0,072. Penurunan nilai menunjukkan bahwa asumsi atau hasil penelitian Darecki and Stramski (2004) dapat diterapkan di perairan Samudera Hindia bagian barat Sumatera.

Hasil evaluasi di atas memang menunjukkan hasil yang kurang memuaskan karena akurasi hanya mencapai 32%, tetapi hasil lain yang dilaporkan Winarso et al (2013) menjelaskan bahwa performa algoritma standar adalah memiliki akurasi 81,2 % dengan menggunakan data yang diolah oleh NASA. Hal ini bukan karena perbedaan nilai konsentrasi klorofil-a yang dihasilkan dengan pengolahan sendiri karena algoritma sama persis. Yang membedakan adalah jumlah data yang bisa digunakan dalam *match up* jumlah data yang bisa dibandingkan. Dari data NASA ada 17 data yang tersedia untuk dibandingkan dengan data lapangan sementara data dari LAPAN hanya 9 data. Hal ini menunjukkan bahwa data yang bisa diarsipkan oleh NASA lebih banyak daripada stasiun bumi LAPAN. Hal ini terjadi karena NASA memiliki jaringan ke seluruh stasiun bumi di seluruh dunia yang bekerja sama. Sehingga data yang tidak dapat diakuisisi oleh stasiun bumi LAPAN karena posisi satelit di bawah sudut minimum dapat diakuisisi oleh stasiun bumi di tempat lain.



Gambar 4.10. Perbandingan antara konsentrasi klorofil-a hasil ekstraksi data satelit hasil pengolahan sendiri dengan hasil pengukuran lapangan MOMSEI 2012, ditunjukkan dengan garis biru adalah garis ideal dan garis hitam adalah garis tren korelasi (Sumber : Winarso, et al, 2013).

Hasil Winarso et al (2013) tetap digunakan sebagai acuan dalam pembahasan ini karena pasangan data yang digunakan sama dengan yang dianalisis dalam tulisan ini yaitu data dari stasiun bumi LAPAN yang berjumlah 9 pasang data. Sehingga perbandingan hasil yang diperoleh lebih memberikan gambaran yang sebenarnya tentang efek dari penggunaan model koreksi atmosferik non-standar di perairan Indonesia. Dari perbandingan dengan model standar, model NIR-SWIR bisa meningkatkan akurasi yaitu dari 32% ,emjadi 60 % dari hasil perhitungan MNB (%) (Lihat tabel 3.1). Sementara model MUMM memiliki akurasi yang berkisar sama yaitu 32 % saja. Model NIR-SWIR memberikan hasil yang lebih baik dari pada model MUMM di perairan Indonesia case-1. Hal ini sangat mengejutkan karena model NIR_SWIR dibangun karena adanya efek kekeruhan pada daerah pesisir yang membuat reflektan dari kolom air pada kanal NIR tidak benar-benar nol karena pengaruh kekeruhan. Hal ini bertentangan dengan Wang and Shi (2007) yang mengatakan performa model ini pada daerah tidak keruh biasanya lebih buruk daripada model standar. Hal ini disebabkan oleh kenyataan bahwa SWIR band pada MODIS didesain untuk aplikasi atmosfer dan daratan yang secara substansi memiliki nilai SNR (signal to noise ratio) yang rendah (Wang and Shi, 2007). Koreksi atmosfer menggunakan SWIR biasanya sering menghasilkan ketidakpastian yang tinggi daripada model NIR pada kasus daerah dengan kategori aerosol tipe maritim (*maritime aerosol*) (Wang, 2007).

Kawasan Samudera Hindia yang menjadi lokasi studi diyakini masuk dalam kategori bukan kawasan keruh (case-1 water), sehingga pembahasan mengenai tipe aerosol menjadi sangat penting. Tipe kawasan berdasarkan kandungan aerosolnya bisa dibedakan menjadi maritime aerosol, coastal aerosol, tropospheric dan urban aerosol (Gordon and Wang, 1999). Studi tentang aerosol ternyata tidak hanya untuk mengetahui efek aerosol terhadap iklim dan transpot polutan antar daratan kontinen (Smirnov et al, 2000), tetapi dalam konteks koreksi atmosfer sangat penting dimana aerosol memberikan efek terhadap total radian yang diterima oleh sensor. Samudera Hindia dikategorikan heavy mixed aerosol dan berbeda dengan kategori maritime aerosol pada umumnya (Ramanathan, et al, 2001). Hal ini yang mungkin menyebabkan hasil yang berbeda pada penelitian ini dari hasil analisa sebelumnya. Atau mungkin masuk dalam kategori tipe aerosol yang lain. Oleh karena itu, sangat penting untuk mempelajari kandungan aerosol di wilayah Indonesia khususnya terkait dengan radian dan reflektan dalam konteks penginderaan jauh.

KESIMPULAN

Pada perairan laut lepas (case-1) di samudera Hindia kawasan Indonesia, model NIR-SWIR menghasilkan tingkat akurasi yang paling tinggi dan mampu meningkatkan akurasi dari 32% menjadi 60% dibandingkan dengan model standar. Sedangkan model MUMM tidak memberikan kenaikan akurasi yang signifikan. Hal ini bukan disebabkan karena adanya partikel tersuspensi di samudera tetapi kemungkinan disebabkan karakter aerosol di Samudera Hindia yang masuk dalam kategori heavy mixel, yang menyebabkan perbedaan hasil pada daerah dengan tipe aerosol maritim pada umumnya. Penelitian lebih lanjut tentang karakter aerosol di wilayah Indonesia dan Samudera Hindia perlu dikaji kembali dengan teliti mengingat penting hal tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih pada Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh yang telah memberikan anggaran untuk kegiatan penelitian ini yang dilaksanakan pada Tahun Anggaran 2012. Ucapan terima kasih juga untuk Kepala Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh dan Kepala Bidang Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Laut yang menjabat pada waktu itu. Terima kasih juga saya sampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Wilayah laut dan Pesisir KKP, Seluruh kru Kapal Riset dan Latih Madidihang 03.

DAFTAR PUSTAKA

- Antoine, D., and Morel, A., 2011. MERIS ATBD 2.7, Atmospheric Correction of the MERIS Observations Over Ocean Case-2 Waters. Laboratoire d'Océanographie de Villefranche.
- Carder K.L., Chen F.R., Lee Z.P., Hawes S.K., Cannizzaro J.P. 2003. MODIS Ocean Science Team Algorithm Theoretical Basis Document. ATBD 19, Case 2 Chlorophyll a, version 7. NASA MODIS Web. http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod19.pdf.
- Clark, Dennis K. 1997. MODIS Algorithm Theoretical Basis Document Bio-Optical Algorithms||Case 1 Waters. Version 1.2 . NASA MODIS Web. http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod18.pdf
- Darecki M, and Stramski D., 2004. An evaluation of MODIS and SeaWiFS bio-optical algorithms in the Baltic Sea. *Remote Sens Environ* 89:326–350. doi:10.1016/j.rse.2003.10.012
- Gordon, H.R. and M. Wang, 1994. Retrieval of water-leaving radiance and aerosol optical thickness over the oceans with SeaWiFS: a preliminary algorithm. *Appl. Opt.* 33, 443-452.
- Gordon, H.R., and Voss, K.J., 1999. MODIS Normalized Water-leaving Radiance Algorithm Theoretical Basis Document (MOD 18) Version 4. NASA Goddard Space Flight Cent., Greenbelt, Md (Perbaikan pustaka Gordon and Voss, 1999)
- Lalli, C.M. and T.R. Parsons. 1997. *Biological Oceanography, An Introduction*. 2nd Edition. Butterworth-Heinemann, Oxford
- Morel, A. And Antoine, D., 2011. ATBD 2.9, Pigment Index Retrieval in Case-1 Waters. Laboratoire d'Océanographie de Villefranche. Ada di pendahuluan halaman pertama
- Ocean Color Forum, 2012. http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/forum/oceancolor/board_show.pl?bid=6
- O'Reilly, J.E., S.Maritorena, D.Siegel, M.O'Brien, D.Toole, B.Greg Mitchell, M.Kahru F.Chavez, P.Strutton, G.Cota, S.Hooker, C.McClain, K.Carder, F.Muller-Karger L.Harding, A.Magnuson, D.Phinney, G.Moore, J.Aiken, K.Arrigo, R.Letelier and M.Culver, (2000), Ocean color chlorophyll a algorithms for SeaWiFS, OC2, and OC4: Version 4. In: O'Reilly, J.E., and 24 Coauthors, 2000: SeaWiFS Postlaunch Calibration and Validation Analyses, Part 3. NASA Tech. Memo. 2000-206892, Vol. 11, S.B. Hooker and E.R. Firestone, Eds., NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, 9-23
- Ramanathan, V.; et al. (2001). "Indian Ocean Experiment: An integrated analysis of the climate forcing and effects of the great Indo-Asian haze". *J. Geophys. Res.* **106**: 28371–28399
- Ruddick, K. G., F. Ovidio, And M. Rijkeboer, 2000. Atmospheric correction of SeaWiFS imagery for turbid coastal and inland waters. *Applied Optics* 39: 897–912.
- Shi, W., & Wang, M. (2007). Detection of turbid waters and absorbing aerosols for the MODIS ocean color data processing. *Remote Sensing Environment*, 110, 149–161.
- Smirnov, A., Holben, B.N., Kaufman, Y.J., et al, 2000. Optical Properties of Atmospheric Aerosol in Maritime Environment. *Journal of Atmospheric Sciences*.

- M. Wang, 2007. "Remote sensing of the ocean contributions from ultraviolet to near-infrared using the shortwave infrared bands: simulations," *Appl. Opt.* **46**, 1535-1547 (2007).
- Wang, M. and W. Shi, 2005. Estimation of ocean contribution at the MODIS near-infrared wavelengths along the east coast of the U.S.: Two case studies, *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L13606, doi:10.1029/2005GL022917.
- Wang, M., & Shi, W., 2007. The NIR-SWIR combined atmospheric correction approach for MODIS ocean color data processing. *Optics Express*, **15**, 15722–15733.
- Winarso, G., Purwanto, A.D., and Hartuti, M., 2013. Performance of MODIS standar (OC3) Chlorophyll-a Algorithm in Indonesia Case-1 Waters. *Proceeding of Asian Conference of Remote Sensing*, Bali November 2013