

Evaluasi Algoritma Wouthuyzen dan Son untuk Pendugaan *Sea Surface Salinity* (SSS) (Studi Kasus: Perairan Utara Pamekasan)

Nafizah¹, Lalu Muhamad Jaelani¹ dan Gathot Winarso²

¹Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: lmjaelani@geodesy.its.ac.id

²Bidang Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Laut, Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN
Jl. Kalisari No.08 Pekayon Pasar Rebo, Jakarta 13710

Abstrak- Pulau Madura merupakan pulau penghasil garam terbesar di Indonesia. Salah satu parameter yang digunakan dalam penentuan daerah potensi tambak garam adalah salinitas perairan (*Sea Surface Salinity*). Untuk memetakan persebaran salinitas perairan sebagai salah satu data pendukung dalam menganalisis potensi tambak garam dapat memanfaatkan citra satelit. Berbagai metode ekstraksi informasi salinitas perairan telah dikembangkan dan dimanfaatkan. Pengkajian pengukuran salinitas telah dilakukan dan menghasilkan algoritma salinitas perairan. Dalam penelitian ini, dilakukan evaluasi pada dua algoritma yang berbeda yaitu algoritma Wouthuyzen (2008) dan algoritma Son (2009) untuk melakukan estimasi nilai salinitas perairan di perairan utara Pamekasan, Madura. Sebelum dilakukan pemrosesan dengan algoritma, Citra Landsat-8 1T dikoreksi atmosfer dengan *Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum-Vector* (6SV). Hasil kajian ini menunjukkan bahwa perbedaan nilai salinitas perairan dari algoritma Wouthuyzen dengan data *in-situ* berkisar antara 2,66 hingga 3,91 *psu*. Sedangkan selisih salinitas algoritma Son dengan data *in-situ* 2,14 hingga 3,00 *psu*. Adapun nilai *NMAE* algoritma Wouthuyzen dengan data *in-situ* sebesar 7,2 %, sedangkan pada algoritma Son sebesar 10,6 %.

Kata Kunci— Algoritma Son, Algoritma Wouthuyzen, Evaluasi, Salinitas Perairan

I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan negara maritim yang memiliki banyak potensi kelautan [1]. Salah satu potensi kelautan terbesarnya adalah tambak garam. Dengan garis pantai 81.000 km di Indonesia, lahan potensial untuk tambak garam seluas 34.000 hektar, baru dimanfaatkan seluas 18.000 hektar yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia [2]. Berdasarkan perhitungan suplai kebutuhan, total kebutuhan garam Indonesia saat ini adalah 3,10 - 3,25 juta ton/tahun dengan perincian untuk garam konsumsi sekitar 1,20 - 1,45 juta ton/tahun dan garam industri sekitar 1,80 juta ton/tahun. Realitanya, kebutuhan nasional untuk garam, baik garam konsumsi maupun garam industri mengalami peningkatan setiap tahunnya [3]. Hal ini yang menyebabkan produktivitas garam Indonesia masih belum mencukupi kebutuhan masyarakat, sehingga Indonesia harus mengimpor garam untuk memenuhi kebutuhan tersebut [4].

Garam adalah suatu padatan berwarna putih berbentuk kristal yang merupakan kumpulan senyawa dengan bagian terbesar adalah Natrium Chlorida sebanyak >80% serta senyawa lainnya yaitu Magnesium Chlorida, Magnesium Sulfat, Calcium Chlorida dan lain-lain dengan prosentase <20 % [5]. Dalam Effendi [6] disebutkan ketentuan jenis garam yaitu Garam konsumsi dan Garam industri. Garam konsumsi adalah garam yang dipergunakan untuk konsumsi dengan kadar NaCl paling sedikit 94,7% dihitung dari basis kering. Sedangkan Garam industri adalah garam yang dipergunakan untuk konsumsi dengan kadar NaCl paling sedikit 97% dihitung dari basis kering.

Pulau Madura merupakan salah satu daerah penghasil garam terbesar di Indonesia [7]. Hampir 60% produk garam nusantara dari Madura [2]. Luas wilayah tambak garam di pulau Madura mencapai 15.347 hektar. Namun, tingkat produktivitasnya masih lebih kecil dibandingkan rata-rata produktivitas nasional yang tercatat sebesar 70 – 100 ton per hektar [8]. Salah satu faktor penyebabnya yaitu pemilihan lokasi eksplorasi. Untuk melakukan pengoptimalan hasil garam dilakukan pemetaan potensi. Pemetaan potensi tambak garam dilakukan dengan melakukan studi terhadap parameter untuk potensi tambak garam. Salah satu parameter untuk pemetaan tambak garam adalah salinitas air [9].

Penginderaan jauh (*remote sensing*) merupakan salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah negara kepulauan, diantaranya batas wilayah, penentuan lokasi sumber daya alam, serta kemampuan dini dalam mendeteksi awalnya suatu bencana. Teknologi ini menggunakan kemampuan satelit yang dapat menangkap citra pemetaan suatu wilayah dengan spesifikasi yang dimilikinya. Salah satu sumber daya alam adalah tambak garam yang salah satunya dapat diperkirakan melalui parameter kelautan yaitu salinitas [10].

Salinitas perairan dapat dianalisis melalui teknologi penginderaan jauh. Son [11] melakukan pemetaan salinitas perairan di daerah teluk Meksiko dengan menggunakan nilai *Lw* dan salinitas *in-situ* yang menghasilkan algoritma salinitas perairan. Wouthuyzen [12] memetakan sebaran salinitas permukaan Teluk Jakarta dan perairan di sekitarnya secara

tidak langsung melalui penginderaan warna laut (konsentrasi CDOM) di Teluk Jakarta dengan citra Landsat-7 ETM.

Dalam penelitian ini, dilakukan evaluasi algoritma SSS (*Sea Surface Salinity* (SSS), Salinitas perairan) yaitu algoritma Wouthuyzen (2008) dan algoritma Son (2009) dengan data salinitas *in-situ* di perairan utara kabupaten Pamekasan yang diterapkan pada citra Landsat-8 tanggal 23 November 2015 daerah perairan sekitar Pulau Madura.

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Perairan utara Kabupaten Pamekasan, Madura.



Gambar 1. Lokasi Pengamatan

B. Pengumpulan Data In Situ

Data *in situ* diambil di Perairan Kabupaten Pamekasan dengan elevasi stasiun pengamatan sekitar 10 meter. Data *in situ* yang diamati adalah salinitas perairan dengan menggunakan *refractosalinometer* dan koordinat lapangan menggunakan GPS Navigasi. Pengambilan data lapangan tersebar di 9 titik stasiun pengamatan pada tanggal 23 November 2015. Adapun sebaran stasiun pengamatan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Pengukuran Lapangan

Nama Titik	Lintang (°)	Bujur (°)	Salinitas (psu)
ST1	-6,878890	113,529533	35
ST2	-6,877260	113,530067	35
ST3	-6,875051	113,537651	35
ST4	-6,872846	113,544426	35
ST5	-6,868959	113,561493	35
ST6	-6,866741	113,570702	35
ST7	-6,874555	113,579697	35
ST8	-6,881670	113,567261	35
ST9	-6,887170	113,552910	34

C. Citra Landsat 8

Citra yang digunakan pada penelitian ini adalah citra Landsat 8-L1T di sekitar perairan Pulau Madura tanggal 23 November 2015. Jenis data ini tersedia secara gratis dan dapat dipesan melalui <http://earthexplorer.usgs.gov/>.

D. Pengolahan Data

Hal pertama yang dilakukan dalam pengolahan data adalah koreksi radiometrik citra. Koreksi radiometrik, proses ini terbagi menjadi dua yaitu kalibrasi radiometrik dan koreksi atmosfer. Kalibrasi radiometrik bertujuan merubah *DN* (*Digital number*) ke radian *ToA* (*Top of Atmospheric*) atau reflektan menggunakan parameter yang tersedia di *metadata* citra. Koreksi atmosfer merupakan koreksi yang dilakukan untuk menghapus efek atmosfer dari sinyal yang direkam oleh sensor.

Koreksi atmosfer dilakukan dengan cara mengkonversi nilai radian *ToA* (*Top of Atmospheric*) ke nilai reflektan *BoA* (*Bottom of Atmospheric*).

Citra Landsat 8 Level 1T merupakan data mentah yang berformat *Digital Number* (DN). Kalibrasi radiometrik dilakukan dengan menggunakan parameter *Gain* dan *Offset* yang tersedia dalam *metadata* citra Landsat 8.

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

dimana,

- L_{λ} = *TOA spectral radiance* (W (m² srad μm)⁻¹)
- M_L = *Radiance Mult Band*
- A_L = *Radiance Add Band*
- Q_{cal} = *Digital Number (DN) Band*

Selanjutnya dilakukan koreksi atmosfer dengan menggunakan metode *Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum-Vector* (6SV). Koreksi citra dengan metode 6S diawali dengan pengambilan nilai parameter x_a , x_b , dan x_c . yang dilakukan melalui situs resmi 6S yaitu www.6s.ltdri.org [13]. Koneksi internet yang baik, sangat mendukung dalam menjalankan situs ini. Beberapa parameter yang harus dimasukkan dalam tiap langkah saat menjalankan situs antara lain identifikasi kondisi geometri, deskripsi model atmosfer, kondisi spektral, parameter polarisasi permukaan, jenis objek, dan deskripsi elevasi objek.

Parameter x_a , x_b , dan x_c dari situs www.6s.ltdri.org didapatkan sebagai berikut.

Tabel 2. Parameter 6S

Parameter 6S	Xa	Xb	Xc
Kanal 1	0,00253	0,16047	0,22274
Kanal 2	0,00226	0,11662	0,18791
Kanal 3	0,00236	0,07078	0,14093
Kanal 4	0,00259	0,04712	0,11199
Kanal 5	0,00382	0,02903	0,08446

Parameter tersebut kemudian dimasukkan kedalam rumus (3), (4) dan (5) untuk didapatkan nilai $Rrs(\lambda)$.

Adapun persamaan koreksi *Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum-Vector* (6SV), sebagai berikut:

$$Y = (X_a L_{\lambda}) - X_b \tag{2}$$

$$arc = \frac{Y}{(1. + X_c Y)} \tag{3}$$

$$Rrs(\lambda) = \frac{arc}{\pi} \tag{4}$$

dimana, acr adalah *atmospheric correction reflectance*, L_{λ} adalah nilai radian *TOA*, $Rrs(\lambda)$ adalah reflektan permukaan, dan X_a , X_b , X_c adalah koefisien parameter koreksi atmosfer.

Setelah dilakukan koreksi atmosfer, data dari 9 stasiun pengamatan diekstrak berdasarkan pin yang telah dibuat (d disesuaikan dengan koordinat data lapangan). Semua pemrosesan citra dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *open source SNAP 2.0 Toolbox*.

Nilai reflektan citra yang telah terkoreksi atmosfer dan data salinitas perairan *in situ* diproses dengan algoritma eksisting untuk mendapatkan nilai estimasi salinitas perairan.

Adapun algoritma eksisting salinitas perairan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Wouthuyzen (2008) dan Son (2009) masing-masing sebagai berikut.

Konsentrasi CDOM

$$= (-61,182 \times X_3 + 79,129 \times X_2 + 34,022 \times X + 4,885) \tag{5}$$

Salinitas (psu) = $-142,72 \times \text{Konsentrasi CDOM} + 32,702 \tag{6}$

dimana X merupakan kromatisiti biru yaitu $Rrs(\lambda_2) / (Rrs(\lambda_2) + Rrs(\lambda_3) + Rrs(\lambda_4))$ dari Landsat 8.

Algoritma Son (2009) sebagai berikut.

$$MNDCI = \frac{[Lw(555) - Lw(490)]}{[Lw(555) + Lw(490)]}$$

$$C_p = 10^{[0,70 \times MNDCI^3 + 0,96 \times MNDCI^2 + 1,14 \times MNDCI - 0,25]} \tag{8}$$

$$\text{Salinitas (psu)} = 10^{[-0,141 \times \log_{10}(C_p) + 1,45]} \tag{9}$$

Setelah melakukan pengolahan menggunakan algoritma Wouthuyzen (2008) dan Son (2009) didapatkan hasil estimasi konsentrasi salinitas perairan di sekitar Pulau Madura.

E. Pengujian Akurasi

Untuk menguji akurasi data pengukuran dan data estimasi dari citra, digunakan indeks *Normalized Mean Absolute Error (NMAE)*.

$$NMAE(100\%) = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{x_{esti} - x_{meas}}{x_{meas}} \right| \times 100 \tag{10}$$

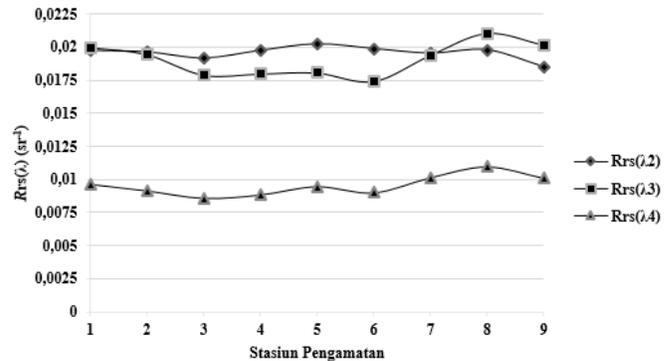
Dimana *NMAE* adalah *Normalized Mean Absolute Error*, N mewakili jumlah data, *X_{esti}* adalah nilai hasil pengolahan dan *X_{meas}* adalah nilai hasil pengukuran lapangan yang dianggap benar.

II. HASIL DAN ANALISA

A. Hasil koreksi radiometrik citra

Setelah dilakukan kalibrasi radiometrik dengan parameter *Gain* dan *Offset* dan koreksi atmosfer dengan metode 6S. Dihasilkan nilai $Rrs(\lambda)$ seperti pada grafik berikut.

Nilai Reflektan Citra setelah Terkoreksi Atmosfer



Gambar 2. Grafik Nilai Reflektan Citra setelah terkoreksi atmosfer

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai reflektan Landsat 8 tanggal 23 November 2015 setelah terkoreksi atmosfer menunjukkan nilai $Rrs(\lambda_2)$ dan $Rrs(\lambda_3)$ memiliki nilai yang lebih besar daripada $Rrs(\lambda_4)$.

B. Estimasi Salinitas Perairan

Citra yang telah terkoreksi atmosfer kemudian dilakukan pemrosesan dengan algoritma eksisting. Adapun hasil estimasi salinitas perairan adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Estimasi Salinitas dari Algoritma Eksisting

Stasiun	Salinitas Perairan (psu)		
	Estimasi Wouthuyzen	Estimasi Son	<i>In-situ</i>
ST1	32,53	32,33	35
ST2	32,58	31,09	35
ST3	32,52	31,32	35
ST4	32,48	31,40	35
ST5	32,48	31,48	35
ST6	32,41	31,54	35
ST7	32,51	31,09	35
ST8	32,00	30,81	35
ST9	31,86	30,72	34

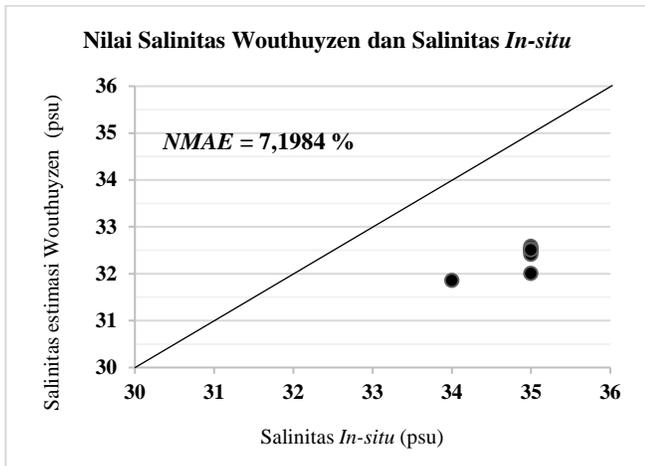
Berdasarkan nilai estimasi yang didapat, nilai salinitas estimasi pada stasiun pengamatan ST1 menunjukkan nilai 32,53 *psu* pada algoritma Wouthuyzen dan 32,33 *psu* pada algoritma Son. Sedangkan stasiun pengamatan yang lain dari ST2 hingga ST9 masing-masing untuk algoritma Wouthuyzen antara lain 32,58 *psu*, 32,52 *psu*, 32,48 *psu*, 32,48 *psu*, 32,41 *psu*, 32,51 *psu*, 32,00 *psu* dan 31,86 *psu*. Untuk pengamatan dari ST2 hingga ST9 masing-masing untuk algoritma Son antara lain 32,33 *psu*, 31,09 *psu*, 31,32 *psu*, 31,40 *psu*, 31,48 *psu*, 31,54 *psu*, 32,51 *psu*, 32,00 *psu* dan 31, *psu* *psu*.

Adapun selisih nilai estimasi salinitas dari algoritma Wouthuyzen pada ST1 hingga ST9 antara lain 2,66; 3,91; 3,68; 3,60; 3,52; 3,46; 3,91; 4,18 dan 3,28 *psu*. Adapun selisih terbesar berada pada stasiun ST2 dan ST8 yaitu 3,91 *psu*. Sedangkan selisih terkecil berada pada stasiun ST1 yaitu 2,66 *psu*.

Selisih nilai estimasi salinitas dari algoritma Son pada ST1 hingga ST9 antara lain 2,47; 2,42; 2,48; 2,52; 2,52, 2,59; 2,49; 3,00 dan 2,14 *psu*. Adapun selisih terbesar berada pada stasiun ST8 yaitu 3,00 *psu* dan selisih terkecil pada stasiun ST9 yaitu 2,14 *psu* u.

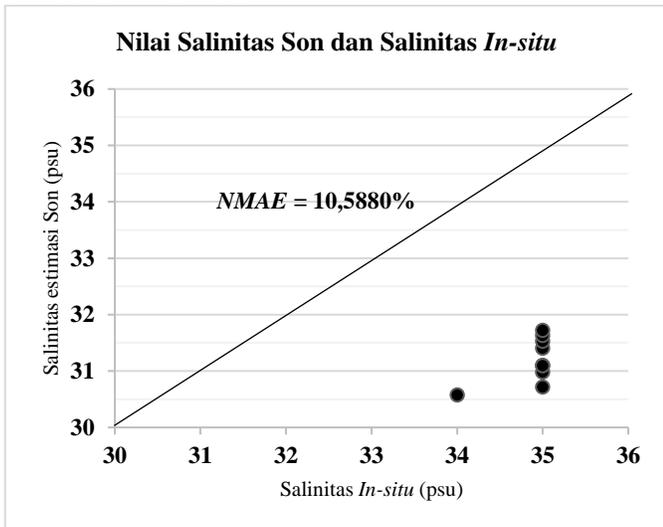
C. Uji Akurasi

Nilai salinitas estimasi dari algoritma eksisting kemudian diuji dengan menggunakan nilai *NMAE*. Adapun nilai *NMAE* salinitas estimasi menggunakan algoritma Wouthuyzen dan salinitas *in-situ* terlihat pada grafik berikut.



Gambar 3. Grafik nilai salinitas Wouthuyzen dan salinitas *in-situ*

Berikut adalah grafik hubungan nilai estimasi dari algoritma Son dan salinitas *in-situ*.



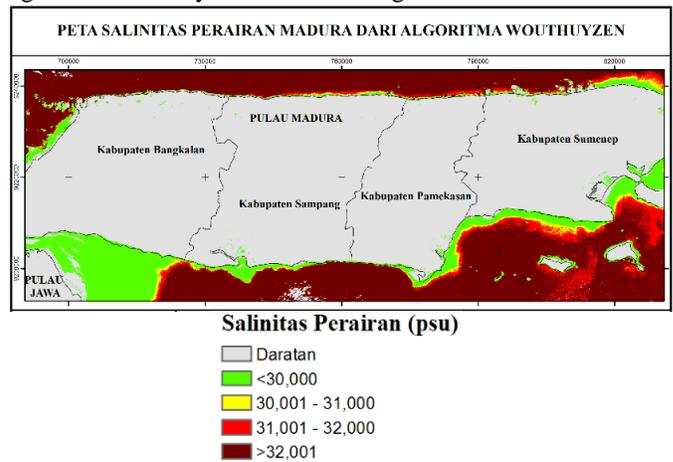
Gambar 4. Grafik hubungan nilai salinitas Son dan salinitas *in-situ*

Dari dua grafik hubungan salinitas estimasi eksisting dan *in-situ* menghasilkan nilai *NMAE* 7,2 % pada algoritma Wouthuyzen dan 10,6 % pada algoritma Son. Berdasarkan nilai *NMAE*, kedua algoritma eksisting menunjukkan hubungan yang baik antara nilai estimasi dan nilai *in-situ* karena memenuhi persyaratan nilai *NMAE* yaitu kurang dari 30%. Semakin kecil nilai *NMAE* maka hubungan antar datanya semakin baik.

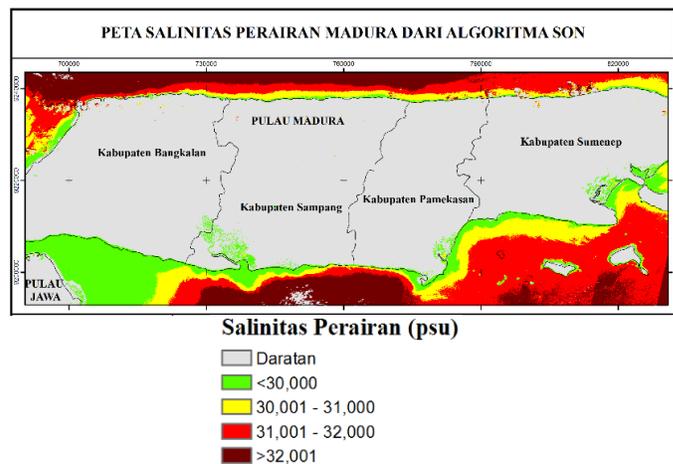
Namun, algoritma salinitas perairan dari Wouthuyzen dibangun dengan tidak menggunakan data reflektansi permukaan lapangan melainkan ekstraksi dari SR-USGS sehingga pengaruh atmosfernya belum hilang. Koreksi atmosfer yang akurat merupakan syarat utama dalam melakukan estimasi parameter kualitas air. Kesalahan dalam

proses koreksi atmosfer ini akan menjalar ke algoritma model yang digunakan untuk menghitung parameter kualitas air. Padahal untuk melakukan ekstraksi data, akurasi parameter tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh algoritma model tetapi juga algoritma koreksi atmosfer. Kesalahan yang terjadi kemudian merambat pada kesalahan proses selanjutnya. Berdasarkan Jaelani [13] akurasi produk SR-USGS sebesar 59% sehingga masih belum cukup memadai untuk bisa digunakan secara langsung. Sedangkan, algoritma Son dibuat dengan menggunakan nilai spektral lapangan yaitu *Lw*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa akurasi yang lebih tinggi dari salinitas Wouthuyzen tidak murni dihasilkan algoritma modelnya.

Sebaran salinitas perairan Madura dengan menggunakan algoritma Wouthuyzen dan Son sebagai berikut.



Gambar 5. Sebaran Salinitas Perairan Madura dari Algoritma Wouthuyzen



Gambar 6 Sebaran Salinitas Perairan Madura dari Algoritma Son

Gambar 5 dan 6 menunjukkan adanya perbedaan nilai salinitas antara algoritma wouthuyzen dan Son. Salinitas dengan menggunakan algoritma wouthuyzen memiliki nilai yang lebih tinggi daripada salinitas dengan menggunakan algoritma Son. Adanya perbedaan gradasi salinitas pada tiap peta menunjukkan perbedaan nilai antara keduanya.

III. KESIMPULAN DAN SARAN

Evaluasi algoritma salinitas perairan dari algoritma

Wouthuyzen dengan data *in-situ* menghasilkan salinitas perairan dengan perbedaan berkisar antara 2,66 hingga 3,91 *psu*. Sedangkan selisih salinitas algoritma Son dengan data *in-situ* berkisar antara 2,14 hingga 3,00 *psu*. Adapun nilai *NMAE* algoritma Wouthuyzen dengan data *in-situ* sebesar 7,2 %, sedangkan pada algoritma Son sebesar 10,6 %. Semakin kecil nilai *NMAE* maka hubungan antar datanya semakin baik. Nilai *NMAE* algoritma Wouthuyzen lebih baik dari algoritma Son, namun algoritma Wouthuyzen dibangun bukan dari nilai spektral lapangan. Sehingga, untuk ekstraksi nilai salinitas perairan lebih baik menggunakan algoritma Son karena algoritmanya dibangun dari nilai radian lapangan dan memiliki nilai *NMAE* yang memenuhi syarat <30%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. *Keanekaragaman Hayati Laut Indonesia*. 20 September 2015. <http://kkp.go.id>.
- [2] Fiqiani, Rika Rachmi. 2013. "*Garam Madura : Antara Eksotisme dan Peluang*." *SURAMADU Membangun dengan Hati (Edisi 7)*, Oktober 2013: Halaman 34.
- [3] Meissarah, P dkk. 2013. *Pemetaan Lahan Garam Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur dan Sulawesi Selatan*. Cibinong: Pusat Pemetaan dan Integrasi Tematik - Deputi IGT, BIG.
- [4] Bakosurtanal. 2010. Peta Lahan Garam Indonesia. Halaman 1-5. Cibinong: Pusat Survei Sumber Daya Alam Laut Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional.
- [5] Sungkowo, W.B. 2006. "Perdagangan Garam di Indonesia." *Disampaikan dalam seminar sehari "Mencari Alternatif Pengembangan Industri Garam dan Produk Terkait Lainnya"*. Badan Riset Kelautan, Departemen Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.
- [6] Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air. Bagi Pengelolaan Sumber daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta. 258 hal.
- [7] Departemen Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. 2006. *Standar Kualitas Garam Dan Produk Turunannya. Disampaikan dalam seminar sehari "Mencari Alternatif Pengembangan Industri Garam dan Produk Terkait Lainnya"*. Badan Riset Kelautan, Departemen Kelautan dan Perikanan RI
- [8] Badan Perencanaan dan Pembangunan Sampang. 2011. *Laporan Akhir Masterplan Revitalisasi Tambak Kabupaten Sampang*. Sampang: Pemerintah Kabupaten Sampang.
- [9] Badan Informasi Geospasial. 2012. *Standart Operating Procedure No.03.01.23 Tentang Pemetaan Tambak Garam*. Pusat Pemetaan dan Integrasi Tematik Badan Informasi Geospasial (PPIT-BIG).
- [10] Annas, Rifqy. 2009. *Pemanfaatan Data Satelit MODIS untuk Menentukan Suhu Permukaan Laut*. Depok: Program Studi Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [11] Son, BY, Wilford DG, Mary J R, Joji I, Joo H R, Sang H K dan Sang H L. 2011. *Tracing Offshore Low- Salinity Plumes in the Northeastern Gulf of Mexico during The Summer Season by Use of Multispectral Remote Sensing data*. Journal of Oceanography edited by The Oceanographic Society of Japan ISSN 0916-8370 Volume 68 Number 5.
- [12] Wouthuyzen, Sam. Salam Tarigan, Happy Indarto Supriyadi, Agus Sediadi, Sugarin, Vincentius P. Siregar dan Joji Ishizaka. *Pengukuran Salinitas Permukaan Teluk Jakarta Melalui Penginderaan Warna Laut Menggunakan Data Multi-Temporal Citra Satelit Landsat-7 ETM+*. PIT MAPIN XVII, Bandung 10-12-2008
- [13] Jaelani, Lalu muhamad, 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