

ANALISIS PARAMETER KUALITAS AIR LAUT DI PERAIRAN KABUPATEN SUMENEP UNTUK PEMBUATAN PETA SEBARAN POTENSI IKAN PELAGIS (Studi Kasus : *Total Suspended Solid (TSS)*)

Feny Arafah, Muhammad Taufik, Lalu Muhamad Jaelani
Program Magister Teknik Geomatika FTSP ITS, Surabaya
E-mail: fenyarafah@gmail.com

Abstrak

Pemantauan kualitas air laut dengan menggunakan teknik penginderaan jauh berperan penting dalam pemetaan potensi ikan pelagis yang hidup di permukaan perairan. *Total Suspended Solid (TSS)* merupakan parameter fisik kualitas air yang mempengaruhi kehidupan ikan pelagis. Dari hasil pengambilan sampel air di 9 stasiun pengamatan di perairan Kabupaten Sumenep, nilai TSS berkisar antara 13-18 mg/L. Untuk keperluan pemantaun secara rutin, diperlukan algoritma model estimasi TSS yang menghubungkan antara data penginderaan jauh dengan TSS. Dari analisis yang kami lakukan, algoritma model estimasi TSS yang terbaik yaitu menggunakan model regresi rasio kanal ($\log Rrs(\lambda_2)/\log Rrs(\lambda_4)$), dengan nilai R^2 0,6963. Uji akurasi antara TSS estimasi dan lapangan menghasilkan R^2 0,7091; $NMAE$ 9,66%; dan $RMSE$ 1,70. Hasil ekstraksi data citra satelit pada tanggal 22 April 2015 untuk estimasi TSS menggunakan hasil algoritma model, diperoleh nilai $-1,85 > TSS > 63,30$ mg/L. Sesuai baku mutu untuk biota laut, nilai TSS yang memenuhi adalah $TSS \pm 20$ mg/L. Pada wilayah perairan Kabupaten Sumenep, $TSS \pm 20$ mg/L berada di wilayah sekitar Pulau Kangean dan Pulau Ra'as.

1. Pendahuluan

Wilayah Indonesia merupakan wilayah yang sebagian besar berupa laut dengan luas total laut 5,8 juta km² (KKP, 2009). Dengan adanya kondisi tersebut, Indonesia memiliki kandungan sumberdaya hayati yang berlimpah, salah satunya adalah ikan. Provinsi Jawa Timur merupakan penghasil terbesar ke-3 untuk produksi perikanan tangkap di Indonesia. Kabupaten Sumenep merupakan satu-satunya kabupaten kepulauan di Jawa Timur dengan luas perairan 50.000 km². Namun produksi perikanan tangkap di Sumenep hanya terletak pada urutan ke-3.

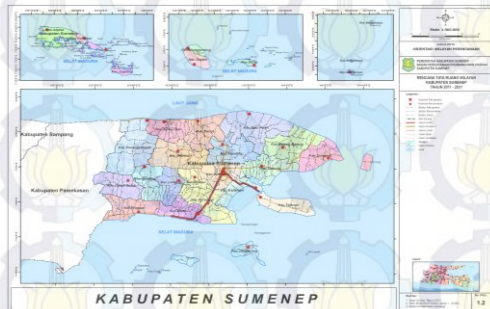
Pada umumnya, masalah utama yang dihadapi dalam upaya optimalisasi hasil tangkapan ikan adalah terbatasnya informasi mengenai parameter kualitas air laut, baik berupa parameter fisik, kimia, maupun biologi. Kualitas air sendiri merupakan salah satu faktor yang mendukung proses kehidupan ikan. Pada penelitian ini, kualitas air yang akan dibahas adalah parameter fisik yang berupa *Total Suspended Solid (TSS)*. Padatan tersuspensi dan kekeruhan memiliki korelasi positif yaitu semakin tinggi nilai padatan tersuspensi maka semakin tinggi pula nilai kekeruhan. Akan tetapi, tingginya padatan terlarut tidak selalu diikuti

dengan tingginya kekeruhan. Air laut memiliki nilai padatan terlarut yang tinggi, tetapi tidak berarti kekeruhannya tinggi pula (Effendi, 2003). Oleh karena itu, perlu diketahui bagaimana cara menganalisis kondisi parameter kualitas air laut di perairan Kabupaten Sumenep dalam upaya memetakan daerah sebaran potensi ikan pelagis.

Salah satu teknologi yang dapat memberikan informasi mengenai kondisi kualitas air laut adalah teknologi penginderaan jauh dengan menggunakan citra satelit Landsat-8. Teknologi penginderaan jauh dapat membantu memetakan kondisi TSS di perairan Kabupaten Sumenep.

2. Metodologi

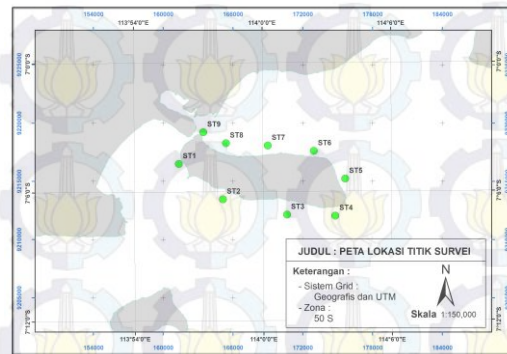
Lokasi penelitian berada di seluruh wilayah perairan Kabupaten Sumenep dengan letak geografis diantara 113° 32' - 116° 16' BT dan 4° 55' - 7° 24' LS.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer meliputi data pengukuran kualitas air yang berupa TSS dan data reflektan. Data lapangan diambil di perairan Pulau Poteran pada tanggal 22 April 2015 mulai pukul 09.00 – 15.00 WIB pada 9 titik stasiun. Pengukuran TSS dilakukan

dengan cara mengambil sampel air untuk kemudian diuji di laboratorium dengan menggunakan alat gravimeter. Sedangkan data reflektan diukur dengan menggunakan alat *FieldSpec HandHeld Spectroradiometer* pada rentang 325–1075 nm dengan interval 1-nm. Data sekunder meliputi data citra satelit Landsat-8 *Path 117 Row 65* tanggal 22 April 2015, data statistik produksi perikanan tangkap tahun 2012-2014, dan Peta Rupabumi Digital Kabupaten Sumenep.



Gambar 2. Lokasi Titik Survei

Tahap selanjutnya adalah pengolahan data antara lain sebagai berikut:

a. Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi radiometrik dilakukan dengan cara mengkonversi DN (*Digital Number*) ke nilai radian *ToA (Top of Atmospheric)*, dengan persamaan :

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cat} + A_L \dots \dots \dots (1)$$

Dimana,

L_{λ} = *ToA spectral radiance*

M_L = *Radiance Mult Band*

A_L = *Radiance Add Band*

Q_{cat} = Nilai Digital (DN) Band

b. Koreksi Atmosfer

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*). Dalam penelitian ini, koreksi dari efek atmosfer dilakukan dengan menggunakan parameter koreksi dari hasil simulasi menggunakan *Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum-Vector* (6SV), dengan persamaan :

$$y = xa*(L_{\lambda}) - xb \dots\dots\dots(2)$$

$$acr = y/(1.+xc*y) \dots\dots\dots(3)$$

$$Rrs_{(\lambda)} = acr/\pi \dots\dots\dots(4)$$

Dimana, *acr* adalah *atmospheric correction reflectance*, L_{λ} adalah nilai radian TOA, $Rrs_{(\lambda)}$ adalah reflektan permukaan, dan *xa*, *xb*, *xc* adalah koefisien parameter koreksi atmosfer.

Tabel.1 Parameter Koreksi Atmosfer 6SV

Band	<i>xa</i>	<i>xb</i>	<i>xc</i>
B1	0,00287	0,16933	0,22816
B2	0,00256	0,12343	0,19392
B3	0,00266	0,07513	0,14761
B4	0,00292	0,05046	0,1190
B5	0,00429	0,03099	0,09146
B6	0,01723	0,01583	0,06439

c. Pemodelan Algoritma

Pemodelan algoritma dilakukan dengan mengetahui korelasi antara data kualitas air dan reflektan terlebih dahulu. Pemodelan dibuat dengan menggunakan data kualitas air sebagai variabel tidak bebas dan reflektan sebagai variable bebas. Pemodelan ini dibuat dengan menggunakan model regresi dengan

kanal tunggal maupun rasio kanal dari kanal 1-5. Setelah didapatkan model regresi terbaik antara data kualitas air dan data reflektan, selanjutnya model tersebut akan digunakan untuk menghitung estimasi TSS dengan menggunakan data citra Landsat-8 hasil koreksi atmosfer.

d. Estimasi TSS

Perhitungan estimasi TSS dilakukan dengan menggunakan algoritma hasil pemodelan yang mempunya nilai koefisien determinasi (R^2) paling bagus.

e. Pengujian Akurasi

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

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_{esti,i} - X_{meas,i})^2}{N}} \dots\dots(5)$$

$$NMAE (\%) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{X_{esti,i} - X_{meas,i}}{X_{meas,i}} \right| \times 100 \dots\dots(6)$$

Dimana $X_{meas,i}$ dan $X_{esti,i}$ adalah nilai pengukuran dan nilai estimasi, sedangkan N adalah jumlah data yang digunakan untuk validasi. Selain kedua indeks tersebut, koefisien determinasi (R^2) antara data pengukuran dan estimasi juga digunakan untuk melihat korelasi antar keduanya.

f. Klasifikasi Nilai TSS

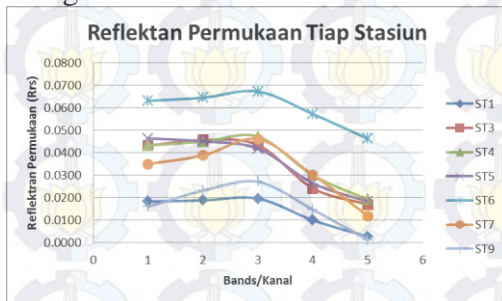
Setelah melakukan perhitungan estimasi TSS dengan menggunakan hasil algoritma model, maka selanjutnya nilai TSS harus diklasifikasikan berdasarkan nilai baku mutu untuk biota laut. Tujuan

klasifikasi ini untuk mengetahui daerah potensi biota laut, termasuk ikan. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 untuk biota laut, untuk TSS adalah :
Tabel 2. Baku Mutu TSS untuk Biota Laut

Parameter	Satuan	Baku Mutu
Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	Coral : 20
		Mangrove : 80
		Lamun : 20

3. Hasil dan Pembahasan

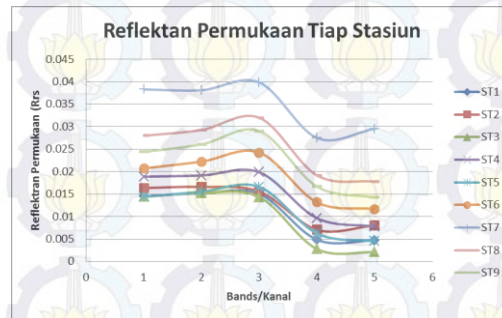
Dari pengukuran lapangan maupun hasil proses koreksi atmosfer, didapatkan data reflektan permukaan sebagai berikut :



Gambar 3. Grafik Nilai Reflektan Lapangan

Tabel 3. Nilai R^2 Hasil Pemodelan Algoritma

Model Regresi	$Rrs(\lambda_1)$	$Rrs(\lambda_2)$	$Rrs(\lambda_3)$	$Rrs(\lambda_4)$	$Rrs(\lambda_5)$
TSS = ax + b	0,0008	0,0032	0,0754	0,1078	0,0060
TSS = a*log(x) + b	0,0019	0,0042	0,0695	0,1049	0,0011
Model Regresi	$Rrs(\lambda_4)$	$Rrs(\lambda_3)$	$Rrs(\lambda_3)$	$Rrs(\lambda_2)$	$Rrs(\lambda_2)$
TSS = a(bi/bj) + b	0,0567	0,2044	0,0380	0,7229	0,6646
TSS = a*log(bi/bj) + b	0,0726	0,1926	0,0253	0,7335	0,6285
TSS = a*(log(bi)/log(bj)) + b	0,1410	0,2021	0,0413	0,7946	0,6963
Model Regresi	$Rrs(\lambda_2)$	$Rrs(\lambda_1)$	$Rrs(\lambda_1)$	$Rrs(\lambda_1)$	$Rrs(\lambda_1)$
TSS = a(bi/bj) + b	0,0251	0,1565	0,4291	0,7466	0,0115
TSS = a*log(bi/bj) + b	0,0062	0,1426	0,3893	0,7366	0,0007
TSS = a*(log(bi)/log(bj)) + b	0,0020	0,1631	0,4656	0,7384	0,0023



Gambar 4. Grafik Nilai Reflektan Citra

Dari kedua grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai reflektan lapangan lebih tinggi daripada nilai reflektan citra. Rentang nilai reflektan lapangan dari kanal 1-5 yaitu 0,0012-0,0673, sedangkan rentang nilai reflektan citra dari kanal 1-5 yaitu 0,0020-0,0396. Namun jika dilihat dari pola, nilai reflektan lapangan dan citra memiliki pola yang hampir sama.

Selanjutnya dilakukan pemodelan algoritma dengan menggunakan data kualitas air sebagai variabel tidak bebas dan reflektan sebagai variabel bebas. Berikut ini hasil dari pemodelan algoritma TSS :

Dari hasil pemodelan algoritma didapat bahwa korelasi terbaik (R^2), yaitu dengan nilai $> 0,5$ terdapat pada rasio kanal $Rrs(\lambda_2)/Rrs(\lambda_3)$, $Rrs(\lambda_2)/Rrs(\lambda_4)$ dan $Rrs(\lambda_1)/Rrs(\lambda_4)$. Nilai R^2 tertinggi terdapat pada rasio kanal $Rrs(\lambda_2)/Rrs(\lambda_3)$ yaitu 0,7946, sedangkan

nilai R^2 terendah terdapat pada rasio kanal $Rrs(\lambda_1)/Rrs(\lambda_5)$, yaitu 0,0007.

Model regresi yang mempunyai $R^2 > 0,5$ selanjutnya akan digunakan untuk menghitung estimasi TSS pada citra satelit. Berikut ini merupakan hasil perhitungan estimasi TSS pada 9 titik stasiun :

Tabel 4. Hasil Estimasi TSS dan TSS Lapangan pada 9 Titik Stasiun

Stasiun	R^2									TSS Lapangan (mg/L)
	0,7229	0,7335	0,7946	0,6646	0,6285	0,6963	0,7466	0,7366	0,7384	
ST1	14,80	15,22	14,67	9,25	1,79	12,53	9,85	0,90	0,48	14
ST2	13,47	12,32	13,65	11,46	4,63	13,29	11,42	0,90	0,48	13
ST3	13,28	11,91	13,53	-4,55	-9,51	9,48	-1,90	0,86	0,47	13
ST4	15,45	16,70	15,26	13,83	8,45	14,46	13,68	0,92	0,48	15
ST5	15,17	16,04	14,97	10,09	2,79	12,77	10,82	0,90	0,48	14
ST6	15,79	17,52	15,62	14,43	9,56	14,78	14,54	0,92	0,48	16
ST7	15,06	15,80	15,02	15,96	12,87	15,80	15,37	0,93	0,48	18
ST8	15,87	17,71	15,79	15,36	11,48	15,36	15,12	0,93	0,48	17
ST9	16,57	19,45	16,49	15,02	10,75	15,15	14,92	0,93	0,48	16

Dari berbagai macam kombinasi rasio kanal dengan nilai $R^2 > 0,5$, terdapat nilai estimasi TSS yang mendekati dan juga nilai TSS yang sangat menyimpang dari nilai TSS lapangan. Untuk menguji

tingkat akurasi, maka dilakukan perhitungan $RMSE$, $NMAE$, dan R^2 dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 5. Nilai $RMSE$ dan $NMAE$ antara TSS Lapangan dan Citra

Model Regresi	$RMSE$			Model Regresi	$NMAE$ (%)		
	$\frac{Rrs(\lambda_2)}{Rrs(\lambda_3)}$	$\frac{Rrs(\lambda_2)}{Rrs(\lambda_4)}$	$\frac{Rrs(\lambda_1)}{Rrs(\lambda_4)}$		$\frac{Rrs(\lambda_2)}{Rrs(\lambda_3)}$	$\frac{Rrs(\lambda_2)}{Rrs(\lambda_4)}$	$\frac{Rrs(\lambda_1)}{Rrs(\lambda_4)}$
$TSS = a(b_i/b_j) + b$	1,1912	6,3252	5,4507	$TSS = a(b_i/b_j) + b$	5,6224	28,1646	25,5066
$TSS = a \cdot \log(b_i/b_j) + b$	1,8172	10,6469	14,2955	$TSS = a \cdot \log(b_i/b_j) + b$	10,6276	64,7244	93,9147
$TSS = a \cdot (\log(b_i)/\log(b_j)) + b$	1,1961	1,7053	14,7268	$TSS = a \cdot (\log(b_i)/\log(b_j)) + b$	5,7291	9,6669	96,7977

Tabel 6. Nilai R^2 antara TSS Lapangan dan Citra

Model Regresi	$\frac{Rrs(\lambda_2)}{Rrs(\lambda_3)}$	$\frac{Rrs(\lambda_2)}{Rrs(\lambda_4)}$	$\frac{Rrs(\lambda_1)}{Rrs(\lambda_4)}$
$TSS = a(b_i/b_j) + b$	0,4962	0,5010	0,5058
$TSS = a \cdot \log(b_i/b_j) + b$	0,4880	0,6811	0,6799
$TSS = a \cdot (\log(b_i)/\log(b_j)) + b$	0,5181	0,7091	0,7035

Pada hasil perhitungan $RMSE$, diperoleh nilai $RMSE$ antara 1,19 –

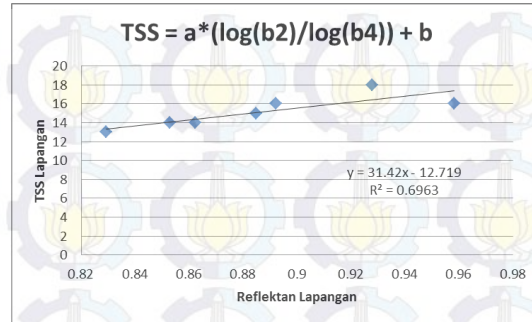
14,72. Semakin besar nilai $RMSE$ menunjukkan bahwa data semakin tidak

akurat, dan sebaliknya semakin kecil *RMSE* menunjukkan bahwa data akurat. Model algoritma yang mempunyai *RMSE* paling besar adalah rasio kanal $Rrs(\lambda_1)/Rrs(\lambda_4)$, sedangkan yang paling kecil adalah rasio kanal $Rrs(\lambda_2)/Rrs(\lambda_3)$.

Pada hasil perhitungan *NMAE* diperoleh nilai *NMAE* antara 96,79 – 5,62 %. Menurut Jaelani, dkk (2015), syarat minimum nilai *NMAE* agar bisa digunakan untuk mengekstrak data kualitas air dari data penginderaan jauh adalah nilai *NMAE* dibawah 30%. Model algoritma yang mempunyai *NMAE* paling besar adalah rasio kanal $Rrs(\lambda_1)/Rrs(\lambda_4)$, sedangkan yang paling kecil adalah rasio kanal $Rrs(\lambda_2)/Rrs(\lambda_3)$.

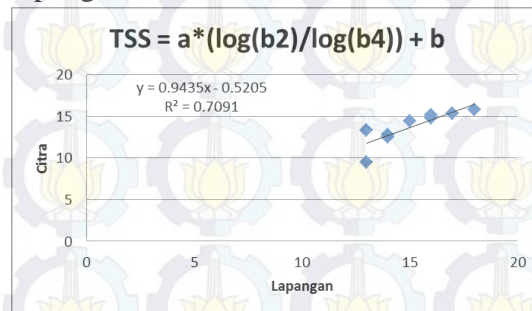
Pada hasil perhitungan R^2 , diperoleh nilai R^2 antara 0,4962 – 0,7091. Semakin besar nilai R^2 menunjukkan bahwa data semakin akurat, dan sebaliknya semakin kecil R^2 menunjukkan bahwa data tidak akurat. Model algoritma yang mempunyai R^2 paling besar adalah rasio kanal $Rrs(\lambda_2)/Rrs(\lambda_4)$, sedangkan yang paling kecil adalah rasio kanal $Rrs(\lambda_2)/Rrs(\lambda_3)$.

Dari ketiga hasil uji akurasi tersebut, model algoritma terbaik yang dapat digunakan untuk mengesttrak data TSS dari data citra adalah model algoritma rasio kanal $\log(Rrs(\lambda_2))/\log(Rrs(\lambda_4))$, dengan model regresi sebagai berikut :

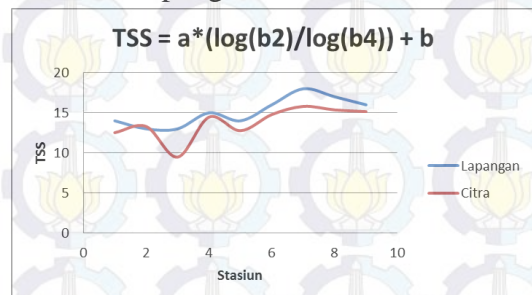


Gambar 5. Model Regresi dengan Rasio Kanal $Rrs(\lambda_2)/Rrs(\lambda_4)$

Model tersebut menjadi model yang terbaik karena ketika hasil estimasi TSS dikorelasikan dengan TSS lapangan, mempunyai nilai R^2 paling tinggi diantara model lainnya yaitu 0,7091. selain itu, untuk nilai *NMAE* nya sendiri juga masih memenuhi syarat $< 30\%$, yaitu 9,66%. Sedang untuk *RMSE* nya sendiri masih cukup baik dari model yang lain yaitu 1,70. Jika dilihat dari polanya, masih memiliki bentuk atau pola yang hampir sama antara data lapangan dan data estimasi.



Gambar 6. Hasil Korelasi Estimasi TSS dan TSS Lapangan



Gambar 7. Grafik Pola Estimasi TSS dan TSS Lapangan

Selanjutnya, perhitungan estimasi TSS di wilayah perairan Kabupaten Sumenep dihitung dengan menggunakan model algoritma terbaik dengan mengikuti format yaitu :

$$TSS = a*(\log(b2)/\log(b4)) + b.....(7)$$

$$y = 31,42x - 12,719.....(8)$$

dimana, a = 31,42; b = -12,719; x = log (b2)/log (b4).

Dari hasil perhitungan estimasi TSS di wilayah perairan Kabupaten Sumenep dengan menggunakan data citra satelit diperoleh hasil estimasi TSS pada tanggal 22 April 2015 *path* 117 *row* 65 adalah sebagai berikut :

Tabel 7. Hasil Statistik Estimasi TSS

Min	Max	Mean	Stdev
-1.8583	63.3007	17.0674	2.6445

Tabel 8. Hasil TSS Estimasi dan Lapangan

Titik	TSS (mg/L)	
	Estimasi	Lapangan
ST1	12,53	14
ST2	13,29	13
ST3	9,48	13
ST4	14,46	15
ST5	12,77	14
ST6	14,78	16
ST7	15,80	18
ST8	15,36	17
ST9	15,15	16

Setelah diketahui estimasi TSS dari hasil citra satelit, maka selanjutnya dilakukan klasifikasi nilai TSS untuk mengetahui kondisi persebaran TSS di wilayah perairan Kabupaten Sumenep (Peta TSS terlampir).

Tabel 9. Klasifikasi TSS

Kelas	TSS (mg/L)
1	0
2	1 - 5
3	5 - 10
4	10 - 15
5	15 - 20
6	20 - 25
7	25 - 30
8	> 30

Sesuai baku mutu untuk biota laut, nilai TSS yang memenuhi adalah TSS ± 20 mg/L. Biota laut yang dimaksudkan disini yaitu ikan. Pada wilayah perairan Kabupaten Sumenep, TSS ± 20 mg/L berada di wilayah sekitar Pulau Kangean dan Pulau Ra'as (Peta terlampir).

Jika dilihat dari karakteristik hidup ikan, ikan pelagis merupakan kelompok ikan yang berada pada lapisan permukaan hingga kolom air dan mempunyai ciri khas utama, yaitu dalam beraktivitas selalu membentuk gerombolan (*schooling*) dan melakukan migrasi untuk berbagai kebutuhan hidupnya. Hal ini sesuai dengan teknik penginderaan jauh, karena metode penginderaan jauh hanya bisa melakukan pemantauan kualitas perairan di permukaan saja. Sehingga untuk memantau kondisi kualitas air yang sesuai dengan karakteristik hidup ikan pelagis, metode ini sangat cocok untuk digunakan karena sangat mudah dan efisien.

4. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah disampaikan, dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu :

- a. Hasil pemodelan algoritma untuk estimasi TSS didapat bahwa korelasi terbaik (R^2), yaitu dengan nilai $> 0,5$ terdapat pada rasio kanal $Rrs(\lambda_2)/Rrs(\lambda_3)$, $Rrs(\lambda_2)/Rrs(\lambda_4)$ dan $Rrs(\lambda_1)/Rrs(\lambda_4)$.
- b. Model algoritma terbaik yang dapat digunakan untuk mengestirak data TSS dari data citra adalah model algoritma rasio kanal $\log(Rrs(\lambda_2))/\log(Rrs(\lambda_4))$, dengan nilai R^2 0,7091; $NMAE$ 9,66%; dan $RMSE$ 1,70.
- c. Hasil ekstraksi data citra satelit tanggal 22 April 2015 untuk estimasi TSS menggunakan hasil algoritma model, diperoleh nilai $-1,85 > TSS > 63,30$ mg/L.
- d. Pemantauan kualitas air untuk mengetahui potensi ikan pelagis sangat cocok digunakan dengan menggunakan teknik penginderaan jauh, karena daerah yang dikaji sama-sama berada di permukaan.
- e. Algoritma model TSS yang telah dibuat dapat diaplikasikan di

wilayah perairan Kabupaten Sumenep dan wilayah sekitarnya yang mempunyai karakteristik yang sama.

Daftar Pustaka

- Effendi, H.,(2003), *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*, Kanisius, Yogyakarta.
- Jaelani L.M., dkk, (2015), *Uji Akurasi Produk Reflektan-Permukaan Landsat Menggunakan Data In situ di Danau Kasumigaura, Jepang*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Masyarakat Ahli Penginderaan Jauh Indonesia XX, Bogor.
- Kementrian Kelautan dan Perikanan, (2009), *Kelautan dan Perikanan Dalam Angka Tahun 2009*.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup, Tentang Baku Mutu Air Laut, Nomor : 51 Tahun 2004.

LAMPIRAN PETA

