

Pemetaan Lokasi Fishing Ground dan Status Pemanfaatan Perikanan di Perairan Selat Madura

Mahfud Efendy, Firman F. Muhsoni, Haryo Triajie,
A. Fachruddin Syah

Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo Madura
Jl. Raya Telang PO BOX 2 Kamal, Bangkalan, Madura

ABSTRACT

This research aims at finding out map of water quality spreading to predict fishing ground, determine catching region map, test determinant parameter modeling of fish catching region, analyze fish product per catching unit (CpUE) and fish utilization status. Method used in map water quality parameter is interpolation analysis in wide sample data, map surface temperature and chlorophyll from extract satellite image landsat. Area of catching is conducted by modeling with the application of scoring and weighting factors, accuracy test with method of RMSE. Fishery utilization status is gathered with method of holistic approach (production surplus model). Map water salinity at straits Madura is between 27 ppm - 46 ppm, pH range from 8-9, brightness ranges from 0-2 m. Sea level temperature from image landsat in dry season ranges from 24,1 0C - 27,3 0C in rainy season between 24,7 0C - 28,6 0C. Optimum temperature in rainy season lower is compared in dry season. Chlorophyll in dry season between 0 mg/m³ - 19,6 mg/m³, in rainy season between -0,02 mg/m³ - 41,95 mg/m³. Map Fish catching region in season gets region very appropriate at 58,04 %, appropriate region 36,99% and region inappropriate 4,96 %. in appropriate region rainy season achieves 94,44 %, appropriate 2,89 % and inappropriate 2,65 %. sea level temperature accuracy test gets RMSE 2,32 and for chlorophyll pregnancy 2,31. Fishery estimation result pelagis gets CpUE 0.10 ton/trip with utilization status in indication of over-fishing in tahun 1997 and fishery demersal CpUE 0.03 ton/trip with utilization status becomes surplus catches in last three year.

Key words: remote sensing, fishing ground, Madura strait

PENDAHULUAN

Perumusan Masalah

Permasalahan yang dihadapi dalam pemanfaatan sumberdaya perikanan laut adalah sulitnya menentukan daerah penangkapan yang tepat. Selama ini nelayan masih menggunakan cara konvensional dengan mengandalkan pancaindra semata, cara coba-coba atau berdasarkan atas kebiasaan menangkap

di daerah tersebut. Cara-cara ini memiliki keterbatasan terutama oleh faktor kondisi air laut yang sangat dinamik. Cara ini bukan hanya menyebabkan tidak efisiennya usaha penangkapan, juga menyebabkan terjadinya konsentrasi kapal penangkapan ikan pada area tertentu saja, yang secara langsung dapat menyebabkan kelebihan tangkap di daerah tersebut atau bahkan bisa me-

nyebabkan konflik antar nelayan karena perebutan daerah penangkapan (*fishing ground*). Jika hal ini terjadi pada waktu yang lama maka akan menyebabkan keseimbangan lingkungan di perairan tersebut terganggu (*over fishing*). Hal ini hampir terjadi di seluruh perairan Indonesia tidak terkecuali perairan Selat Madura.

TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan penelitian yang pernah dicapai Syah (2004) diperoleh hubungan yang sangat erat antara klorofil-a in situ dengan data klorofil-a dari spektrometri. Penentuan kanal spektrometri dalam mendeteksi sebaran klorofil-a perlu dilakukan secara tepat dengan memperhatikan absorpsi klorofil-a yang ada di perairan.

Penelitian Risdianto (1995) mengenai hubungan antara Konsentrasi Klorofil-a berdasarkan Data Landsat TM untuk Pemetaan Horizontal Produksi Primer di Perairan Selatan Jawa-Barat menunjukkan adanya hubungan yang erat antara keduanya. Penelitian tersebut menggunakan kanal biru (450 - 520 nm) dan kanal merah (630 - 690 nm) dari citra Landsat TM, karena panjang gelombang radiasi elektromagnetik yang dapat diindera oleh kedua kanal tersebut memiliki hubungan erat terbaik dengan [Chl-a] yang akan diamati (Rolf, 2004). Lillesand dan Kiefer (1990) menjelaskan bahwa penyerapan klorofil-a berpusat pada panjang gelombang 450 nm dan panjang gelombang 650 nm.

Penentuan Kanal dari Citra Landsat TM

Tingkat sensitivitas dari kanal pada citra landsat TM menjadi pertimbangan dalam menyusun suatu algoritma un-

tuk pendugaan produktivitas primer dan kualitas air pada suatu perairan (Purwadhi, 2001). Jensen (1996) dan Candrasekar (2005), menyebutkan bahwa absorpsi maksimum dari klorofil ada pada kisaran panjang gelombang 425 - 450 nm. Howard (1991) dan Danoedoro (1996), menjelaskan bahwa klorofil-a murni dalam aseton mempunyai absorpsi maksimum pada panjang gelombang 420 nm dan 663 nm. Danoedoro (1989), menyatakan bahwa seluruh alga yang mengandung klorofil-a menyerap energi sinar matahari pada kisaran panjang gelombang antara 430 nm dan 670 - 680 nm dari spektrum gelombang elektromagnetik.

Penentuan kanal didasarkan pada hubungan terbaik antara panjang gelombang radiasi elektromagnetik yang dapat diindera (oleh kanal yang bersangkutan) dengan absorpsi klorofil-a (Jensen, 1996; Purwadhi, 2001).

TUJUAN PENELITIAN

1. Menemukan peta sebaran kualitas perairan untuk memprediksi fishing ground.
2. Menentukan peta daerah penangkapan dari parameter kualitas air.
3. Menguji parameter penentu pemodelan daerah penangkapan ikan di perairan Selat Madura.
4. Menganalisis produksi per unit tangkap (CpUE) dan status pemanfaatan perikanan di Perairan Selat Madura.

MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dan kontribusi yang dapat diberikan melalui penelitian ini adalah: a) teridentifikasi semua potensi dan permasalahan yang mempengaruhi produktivitas perikanan, b) menghasil-

kan model global sistem informasi produktivitas primer yang dapat memprediksi daerah fishing ground, c) diperoleh model spesifik sistem informasi produktivitas primer sesuai dengan karakteristik lokasi, d) diperoleh suatu sistem mekanisme penginformasian produktivitas primer melalui instansi terkait.

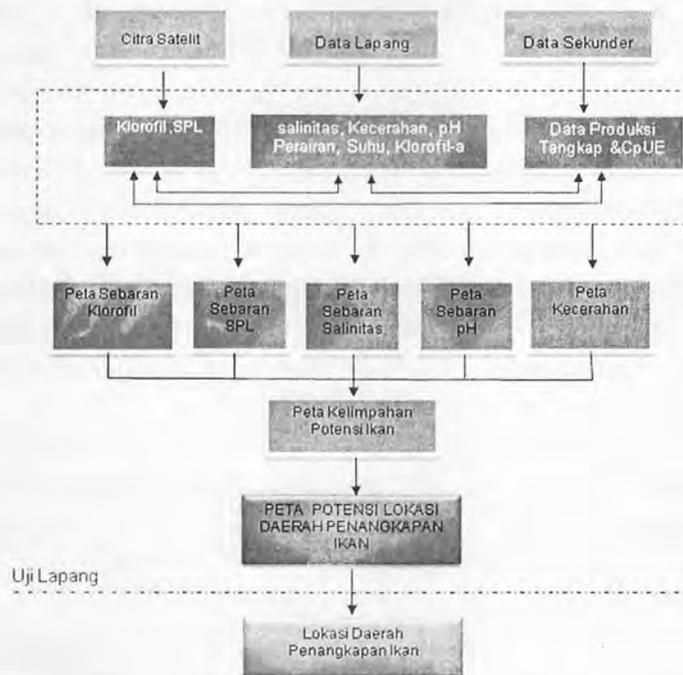
METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di perairan Selat Madura.

Alur Penelitian

Alur pemikiran dapat dilihat pada skema berikut ini:



Gambar 1. Alur penelitian

Analisis Hasil

Setelah pengumpulan informasi dan data di lapangan berupa penentuan titik koordinat lapangan serta suvey lokasi *fishing base*, tahap berikutnya adalah menganalisis data yang diperoleh sebagai berikut :

- Pembuatan peta sebaran parameter kualitas perairan dilakukan dengan melakukan analisis interpolasi pada data masing-masing parameter sample lapangan yang diambil.
- Peta sebaran Suhu dan klorofil di dapatkan dari ekstrak citra satelit landsat. Citra satelit yang digunakan adalah citra tanggal 23 Agustus 2002,

yang dianggap untuk mewakili musim kemarau dan tanggal 19 Januari 2006 yang dianggap mewakili musim hujan. Temperatur kinetik permukaan laut pengukurannya dilakukan dengan menggunakan saluran termal (Band 6B). Langkah pertama yaitu menentukan nilai radiansi spektral, selanjutnya dihitung nilai temperatur radian. Kemudian diperoleh temperatur kinetik, dari temperatur kinetik di konversikan dalam *celcius* (°C).

- Analisis klorofil diekstrak dari citra satelit Landsat pada Band 3 dan Band 4. Analisis data klorofil_a meng-

gunakan formula hasil penelitian Hasyim *et.al.* (1998): $\text{Chlorophyll} = -17.1342 + 15.2587 * \text{band}_3 * \text{band}_4$

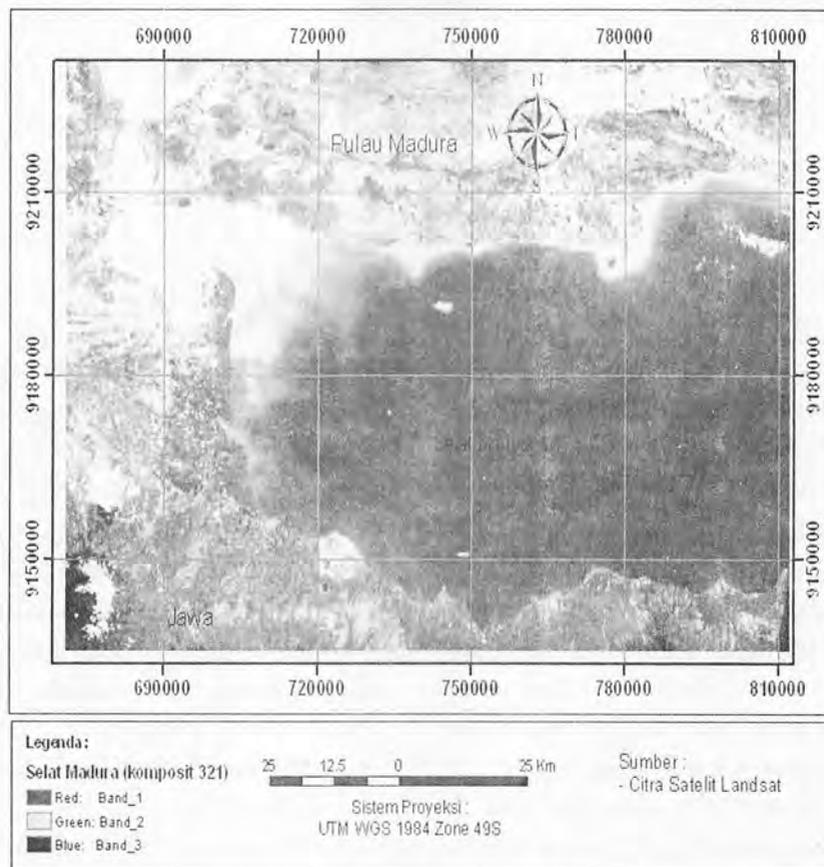
- Penentuan daerah penangkapan ikan dilakukan dengan tahapan: klasifikasi kelas kesesuaian perairan laut untuk daerah penangkapan, pemberian skor dan bobot dan kemudian diklasifikasikan menjadi daerah yang sangat sesuai, sesuai dan tidak sesuai.
- Uji akurasi analisis menggunakan RMSE, yang mencerminkan perbedaan antara nilai data lapang dengan nilai hasil ekstraksi citra satelit. Uji akurasi dilakukan untuk parameter: suhu dan klorofil.
- Mengetahui produksi per unit tangkap (CpUE) dan kondisi status

pemanfaatan perairan Selat Madura dengan pendekatan yang dipergunakan adalah pendekatan holistik (Production/Surplus model).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Area Penelitian

Selat Madura merupakan perairan yang terdapat antara Pulau Jawa dan Pulau Madura. Perairan Selat Madura bisa dikatakan sebagai wilayah laut semi tertutup oleh Muara Kamal di bagian barat dan gugus pulau-pulau kecil di bagian timur. Hampir keseluruhan area merupakan wilayah pantai dangkal, terlindung, gelombang relatif rendah dan bisa diakses oleh hampir seluruh armada perikanan yang ada, termasuk armada perikanan skala kecil.

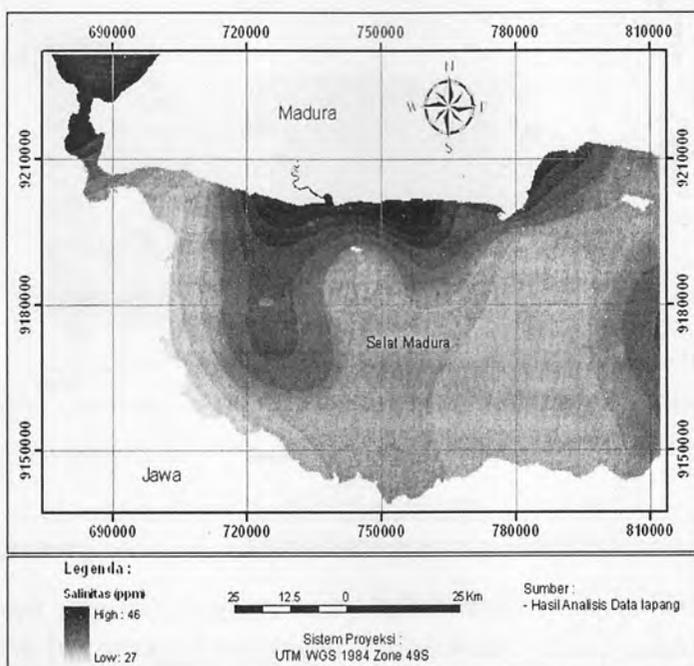


Gambar 2. Area penelitian di perairan Selat Madura

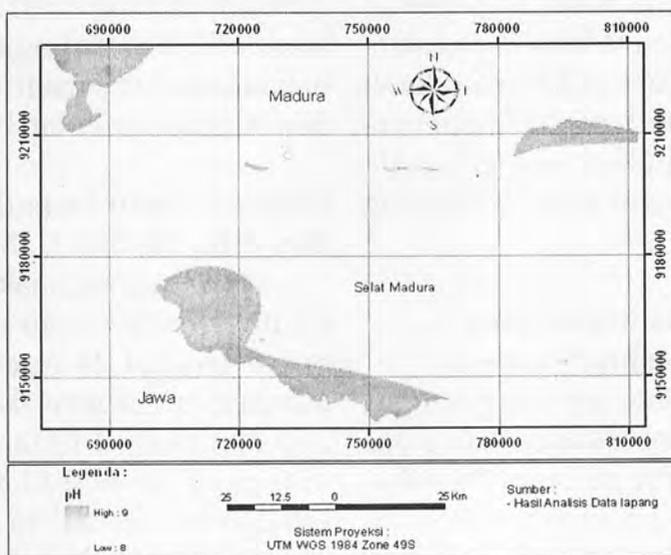
Peta Sebaran Kualitas Perairan

Peta sebaran salinitas perairan di Selat Madura dapat dilihat pada gambar 3. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada perairan Selat Madura salinitas terendah sebesar 27 ppm dan salinitas tertinggi sebesar 46 ppm. Salinitas tinggi terdapat pada daerah sekitar pulau

madura. Sedangkan salinitas rendah ada pada sekitar pantai Sidoarjo, Pasuruan, Probolinggo. Hal ini bisa disebabkan karena pada daerah ini terdapat muara sungai sehingga salinitas relatif lebih rendah. Sungai utama yang bermuara di wilayah ini adalah Sungai Brantas di wilayah pantai Sidoarjo dan Pasuruan.



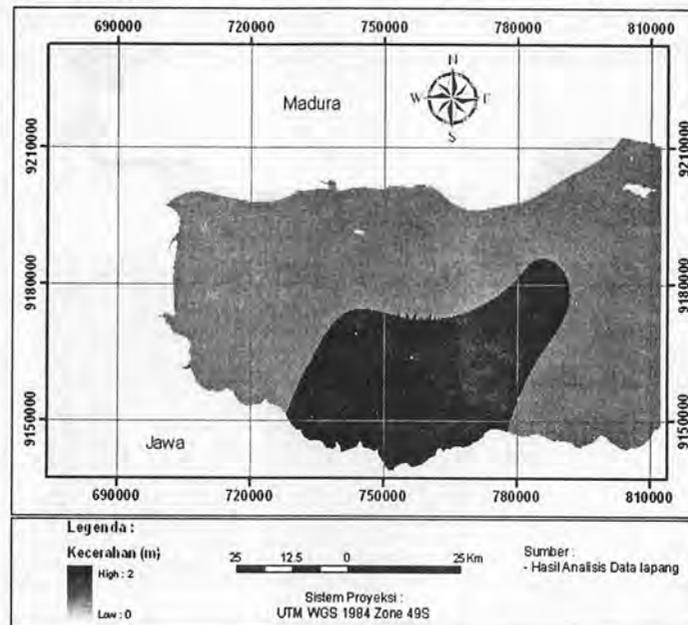
Gambar 3. Peta Sebaran Salinitas di perairan Selat Madura (sumber: hasil analisis data lapang)



Gambar 4. Peta Sebaran pH di perairan Selat Madura (sumber: hasil analisis data lapang)

Sebaran pH pada gambar 4 menunjukkan bahwa pH pada perairan Selat Madura hanya berkisar antara 8 dan 9. Bisa dikatakan bahwa pH pada perairan Selat Madura relatif sama tidak ada perbedaan yang signifikan. pH 9

terdapat di wilayah pantai Pasuruan dan Probolinggo serta Selat antara Surabaya dan Bangkalan. Hal ini juga disebabkan karena adanya sungai yang bermuara di sekitar pantai pasuruan (Sungai Brantas).



Gambar 5. Peta Sebaran Kecerahan di perairan Selat Madura (sumber: hasil analisis data lapang)

Sebaran kecerahan di Perairan Selat Madura dapat dilihat pada Gambar 5. Kecerahan pada perairan selat Madura hanya berkisar antara 0-2 m. Kecerahan terendah ada pada wilayah perairan selat antara Surabaya dan Bangkalan. Hal ini bisa disebabkan karena daerah ini merupakan area transportasi penyeberangan antar pulau. Sehingga pada perairan ini perairan lebih cenderung keruh.

Model Faktor Kualitas air yang mempengaruhi Fishing Ground

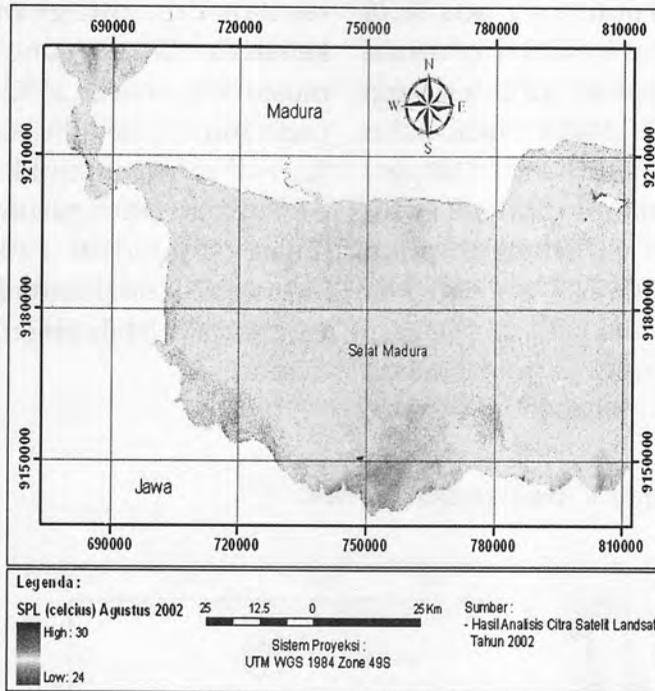
Faktor kualitas air yang sangat mempengaruhi keberadaan ikan suhu permukaan laut dan sebaran klorofil-a. Suhu permukaan perairan menjadi dasar penentuan daerah penangkapan karena ikan hanya tolelir pada suhu ter-

tentu saja, sehingga menjadikan ikan-ikan akan berkumpul di daerah tertentu yang kondisi suhunya cocok untuk kehidupannya. Ikan juga cenderung berkumpul pada daerah perairan yang konsentrasi klorofil tinggi, hal ini dikarenakan klorofil menjadi produksi primer dan sumber makanan bagi ikan.

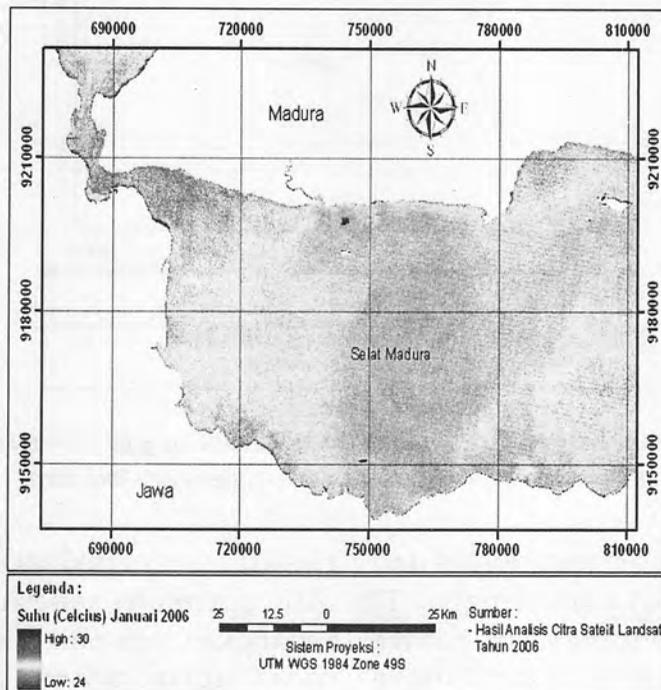
Ekstraksi Suhu Permukaan Air laut dari Citra Landsat ETM+ Saluran 6B.

Citra yang digunakan untuk analisis ini menggunakan dua citra. Citra satelit tanggal 23 Agustus 2002 yang dianggap untuk mewakili musim kemarau, dan tanggal 19 Januari 2006 yang dianggap mewakili musim hujan. Dengan menggunakan dua citra ini sehingga dapat diperkirakan sebaran suhu permukaan pada musim kemarau

dan penghujan. Hasil citra setelah pengoperasian algoritma suhu permukaan air laut disajikan pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Peta Sebaran Suhu permukaan di perairan Selat Madura tanggal 23 Agustus 2002 hasil ekstraksi citra satelit Ladsat (sumber: hasil analisis citra)



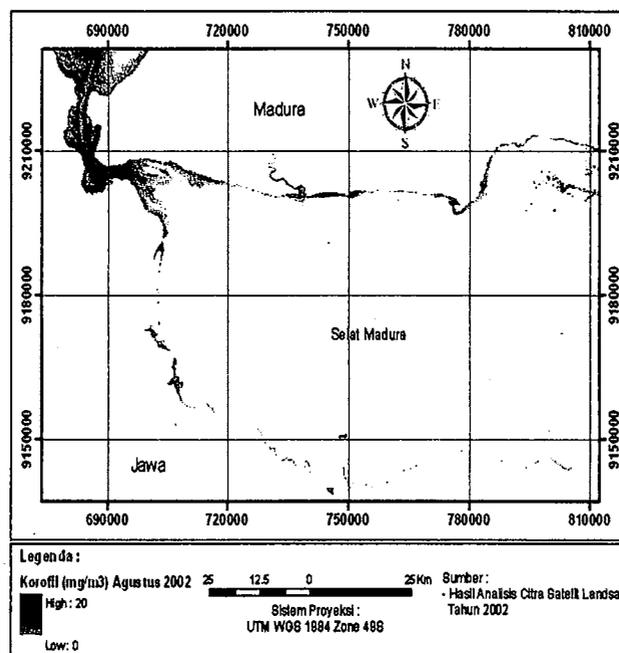
Gambar 7. Peta Sebaran Suhu permukaan di perairan Selat Madura tanggal 19 Januari 2006 hasil ekstraksi citra satelit Ladsat (sumber: hasil analisis citra)

Hasil analisis suhu permukaan laut dari citra Landsat tanggal 23 Agustus 2002 mendapatkan suhu optimum pada 26,24 °C. Sedangkan suhu minimal rata-rata pada 24,1 °C sedangkan suhu tertinggi rata-rata pada 27,3 °C. Hasil analisis suhu permukaan laut dari citra Landsat tanggal 19 Januari 2006 mendapatkan suhu optimum pada 25,9 °C. Sedangkan suhu minimal rata-rata pada 24,7 °C sedangkan suhu tertinggi rata-rata pada 28,6 °C.

Perbandingan suhu permukaan laut antara musim kemarau dan musim

penghujan menunjukkan bahwa suhu optimum pada musim penghujan lebih rendah dibandingkan pada musim kemarau, dimana suhu optimum pada musim kemarau 26,24 °C sedangkan suhu pada musim penghujan mencapai 25,9 °C. Hal ini menunjukkan bahwa suhu permukaan dipengaruhi oleh intensitas hujan yang terjadi. Pada musim penghujan lebih rendah karena intensitas hujan yang terjadi lebih tinggi dari musim kemarau.

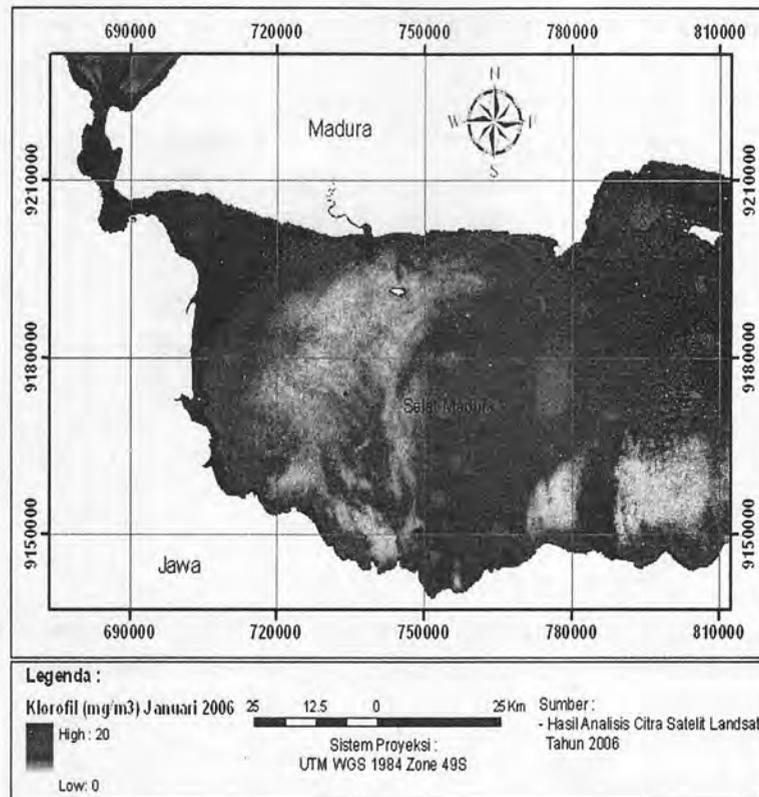
Ekstrasi Klorofil pada Citra Landsat ETM+



Gambar 8. Peta Sebaran Klorofil di perairan Selat Madura tanggal 23 Agustus 2002 hasil ekstraksi citra satelit Landsat (sumber: hasil analisis citra)

Hasil ekstraksi sebaran klorofil dari citra satelit landsat pada tanggal 23 Agustus 2002 menunjukkan bahwa daerah yang mempunyai kandungan klorofil tinggi terdapat pada daerah selat antara Surabaya dan Bangkalan.

Hasil ini menunjukkan kandungan klorofil optimum sebesar 1,5 mg/m³. Sedangkan rata-rata minimum klorofil pada 0 mg/m³ dan rata-rata maksimum pada 19,6 mg/m³.

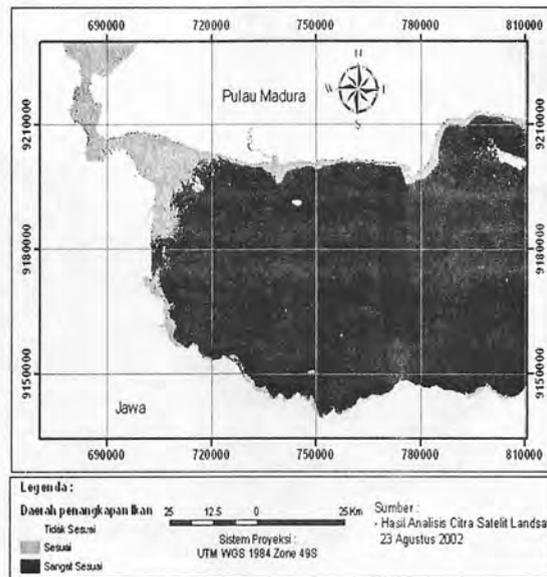


Gambar 9. Peta Sebaran Klorofil di perairan Selat Madura tanggal 19 Januari 2006 hasil ekstraksi citra satelit Landsat (sumber: hasil analisis citra)

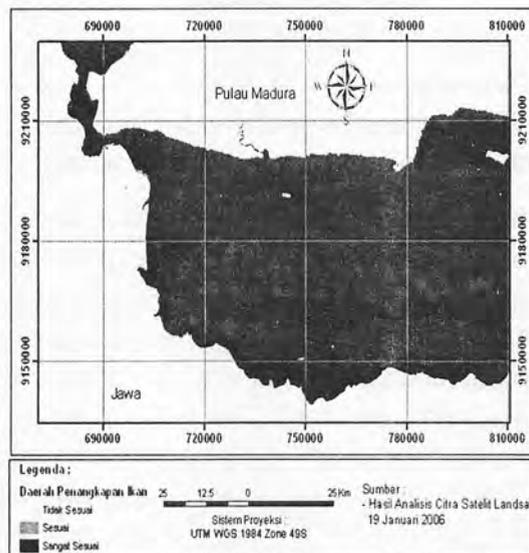
Hasil ekstraksi sebaran klorofil dari citra satelit landsat pada tanggal 11 Januari 2006 menunjukkan bahwa daerah yang mempunyai kandungan klorofil tinggi terdapat pada daerah selat antara Surabaya dan Bangkalan, pesisir pulau Madura dan perairan Sumenep.. Hasil ini menunjukkan kandungan klorofil optimum sebesar 8,3 mg/m³. Sedangkan rata-rata minimum klorofil pada -0,02 mg/m³ dan rata-rata maksimum pada 41,95 mg/m³. Jika dibandingkan antara bulan kemarau dan penghujan menunjukkan bahwa bulan Januari (penghujan) mempunyai kandungan klorofil lebih tinggi dibandingkan dengan bulan Agustus (kemarau). Hal ini bisa disimpulkan bahwa curah hujan juga sangat mempengaruhi sebaran klorofil yang terjadi di perairan.

Pemodelan untuk Pendugaan Daerah Penangkapan Ikan (Fishing Ground)

Peta daerah penangkapan ikan pada musim kemarau pada gambar 10. Peta ini dianalisis dari citra satelit Landsat tanggal 23 Agustus 2002, yang dianggap mewakili musim kemarau. Hasil dari pemodelan tersebut mendapatkan sebagian besar wilayah perairan Selat Madura sangat sesuai untuk daerah penangkapan. Daerah yang sesuai hanya pada perairan selat antara Surabaya dan Bangkalan serta daerah pesisir Pulau Madura. Sedangkan untuk daerah yang tidak sesuai nampak sedikit sehingga tidak begitu terlihat pada peta. Luas perairan yang sangat sesuai mencapai 3475 Ha (58,04 %), yang sesuai mencapai 2215 Ha (36,99%) dan yang tidak sesuai mencapai 297 Ha (4,96 %).



Gambar 10. Peta Daerah Penangkapan Ikan di perairan Selat Madura tanggal 23 Agustus 2002 hasil ekstraksi citra satelit Landsat (sumber: hasil analisis citra)



Gambar 11. Peta Daerah Penangkapan Ikan di perairan Selat Madura tanggal 19 Januari 2006 hasil ekstraksi citra satelit Landsat (sumber: hasil analisis citra)

Sedangkan peta daerah penangkapan ikan pada musim penghujan dapat dilihat pada gambar 11. Peta ini dianalisis dari citra satelit Landsat tanggal 11 Januari 2006, yang dianggap mewakili musim penghujan. Hasil dari pemodelan tersebut mendapatkan hampir semua wilayah perairan Selat Madura sangat sesuai untuk daerah penangka-

pan. Daerah yang sesuai ataupun tidak sesuai hanya nampak sedikit sehingga tidak terlihat pada peta. Luas perairan yang sangat sesuai mencapai 7125 Ha (94,44 %), yang sesuai mencapai 218 Ha (2,89 %) dan yang tidak sesuai mencapai 200 Ha (2,65 %)

Perbandingan daerah penangkapan antara musim kemarau dan musim

penghujan menunjukkan bahwa musim penghujan wilayah daerah penangkapan yang sangat sesuai untuk penangkapan lebih luas dibandingkan dengan musim kemarau. Ini menunjukkan bahwa pada musim penghujan musim ikan lebih banyak dari musim kemarau. Hal ini sesuai dengan informasi darai lapang yang menyatakan musim penghujan jumlah ikan lebih banyak dari musim kemarau. Hal ini bisa disebabkan pada musim penghujan jumlah produksi klorofil jauh lebih banyak dari musim kemarau yang merupakan produsen primer yang merupakan sumber utama makanan di perairan. Selain itu faktor terjadinya upwelling yang mengangkat sumber makanan dari dasar banyak terjadi pada musim penghujan dikarenakan perbedaan suhu pada perairan.

Uji Akurasi Parameter Penentu Model Daerah Penangkapan Ikan

Parameter penentu pemodelan daerah penangkapan ikan dilakukan dengan membandingkan antara hasil pengukuran lapangan dengan hasil analisis citra satelit Landsat. Parameter pemodelan daerah penangkapan ikan yang dilakukan uji adalah suhu permukaan laut dan klorofi. Uji dilakukan dengan mencari RMSE antara data lapangan dengan hasil analisis citra. Hasil uji akurasi mendapatkan perbandingan antara data lapang dengan analisis citra satelit untuk suhu permukaan laut mendapatkan nilai RMSE sebesar 2,32, dengan standart deviasi 1,9 dan standart error mean sebesar 0,527. Hasil uji akurasi mendapatkan perbandingan antara data lapang dengan analisis citra satelit untuk kadar klorofil mendapatkan nilai RMSE

sebesar 2,31, dengan standart deviasi 1,63 dan standart error mean sebesar 0,452.

Produksi per Unit Tangkap (CPUE) dan Status Pemanfaatan Perikanan di Perairan Selat Madura

Analisis status CPUE dan status pemanfaatan perikanan di Selat Madura dibagi menjadi menurut jenis alat, yaitu: Status pemanfaatan untuk alat demersal dan status pemanfaatan untuk alat pelagis/permukaan.

Hasil estimasi mendapatkan bahwa jumlah effort optimal (Eopt) bagi perikanan pelagis di perairan Selat Madura setara 461385.99 trip per tahun. Sedangkan total hasil tangkapan pada kondisi keseimbangan (Cmsy) dicapai pada 46500.06 ton per tahun, maka CPUE untuk perikanan pelagis 0.10 ton/trip. Indikasi over-fishing perikanan pelagis di perairan Selat Madura sudah terjadi pada tahun 1997.

Hasil dari perhitungan mendapatkan bahwa jumlah effort optimal (Eopt) di wilayah perairan Selat Madura untuk perikanan demersal mencapai 758962.95 trip/tahun setara dengan Dogol. Sedangkan total produksi keseimbangan adalah sekitar 24999.80 ton/tahun, maka CPUE untuk perikanan demersal sebesar 0.03 ton/trip. Eksploitasi perikanan demersal di perairan Selat Madura cenderung melewati batas kemampuan pemulihan stok sumberdaya atau telah mengalami over fishing. Kelebihan tangkap/over fishing terjadi pada tiga tahun terakhir.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan.

1. Peta sebaran salinitas perairan di Selat Madura antara 27 ppm-6 ppm.

Salinitas tinggi terdapat pada daerah sekitar pulau madura. Sedangkan salinitas rendah ada pada sekitar pantai Sidoarjo, Pasuruan, Probolinggo. Sebaran pH berkisar antara 8-9. pH 9 terdapat di wilayah pantai Pasuruan dan Probolinggo serta Selat antara Surabaya dan Bangkalan. Sebaran kecerahan berkisar antara 0-2 m. Kecerahan terendah ada pada wilayah perairan selat antara Surabaya dan Bangkalan.

2. Sebaran suhu permukaan laut dari citra Landsat pada musim kemarau berkisar antara 24,1 °C - 27,3 °C , pada musim penghujan antara 24,7 °C - 28,6 °C. Suhu optimum pada musim penghujan lebih rendah dibandingkan pada musim kemarau. Sebaran klorofil pada musim kemarau antara 0 mg/m³ - 19,6 mg/m³, pada musim penghujan antara -0,02 mg/m³ - 41,95 mg/m³.
3. Peta daerah penangkapan ikan pada musim kemarau mendapatkan sebagian besar wilayah perairan Selat Madura sangat sesuai untuk daerah penangkapan (58,04 %). Daerah yang sesuai hanya pada perairan selat antara Surabaya dan Bangkalan serta daerah pesisir Pulau Madura (36,99%), daerah yang tidak sesuai nampak sedikit sehingga tidak begitu terlihat pada peta (4,96 %). Pada musim penghujan hampir semua wilayah perairan Selat Madura sangat sesuai untuk daerah penangkapan yang mencapai 94,44 %, yang sesuai mencapai 2,89 % dan yang tidak sesuai 2,65 %.
4. Hasil uji akurasi suhu permukaan laut pada musim kemarau menda-

patkan RMSE sebesar 2,32 dan kandungan klorofil mendapatkan RMSE 2,31.

5. Hasil estimasi untuk perikanan pelagis mendapatkan nilai CpUE sebesar 0.10 ton/trip dengan status pemanfaatan terjadi indikasi overfishing pada tahun 1997. Hasil estimasi untuk perikanan demersal mendapatkan nilai CpUE sebesar 0.03 ton/trip dengan status pemanfaatan terjadi kelebihan tangkap pada tiga tahun terakhir.

Saran

1. Kendala penggunaan satelit untuk meginderaan jauh terutama Landsat ETM+ ini sangatlah banyak terutama setelah terjadi kerusakan sensor pada satelit ini sehingga sangat susah untuk mendapatkan citra tanpa striping, sehingga disarankan untuk menggunakan satelit lain seperti ASTER, SEA WIF, NOAA.
2. Perlunya dilakukan uji lapang untuk melihat seberapa jauh validasi hasil ekstraksi dari citra satelit dengan hasil tangkapan dilapang.

DAFTAR PUSTAKA

- Chandrasekar. K. 2005. National Agricultural Drought Assessment And Monitoring System. National Remote Sensing Agency. Indian Space Research Organisation Department Of Space Government of India. Regional Workshop on Cooperative Mechanism in Space Technology Application for Natural Disaster Management 5-6th June, Beijing, China

- Danoedoro P. 1996. Pengolahan Citra Digital Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan jauh. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Danoedoro P. 1989. Hubungan antara Konsentrasi Klorofil dan Informasi Spektral Vegetasi pada Data Digital Multispektral SPOT Daerah Sekitar lereng Gunungapi Merapi Bagian Selatan. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta.
- Howard, J.A. 1991. Remote Sensing of Forest Resources; Theory and Application (terjemahan). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Jensen, J.R. 1996. Introductory Digital Image Processing a Remote Sensing Perspective. Second Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Lillesand, T. M., and F. W. Kiefer. 1990. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Alih Bahasa: Duhari dkk. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 725 halaman
- Purwadhi S.H. 2001. Interpretasi Citra Digital. Gramedia Widiasarana Indonesia, Jakarta.
- Risdianto, R. K. 1995. Algoritma Pendugaan Konsentrasi Klorofil-a Berdasarkan Data Landsat TM untuk Pemetaan Horizontal Produksi Primer di Perairan Selatan Jawa-Barat. Fakultas Perikanan. IPB. Bogor. 106 halaman
- Rolf A. 2004. Principles of Remote Sensing and Geographic Information System. ITC. Enschede. The Netherlands.
- Syah, F. A. 2004. Model Hubungan Antara Karakter Spektral (Reflektansi). Jurusan Ilmu Kelautan. FPIK. IPB. Bogor. 75 halaman.