

## PEMETAAN ZONA POTENSI PENANGKAPAN IKAN CAKALANG PERIODE APRIL-JUNI DI TELUK BONE DENGAN TEKNOLOGI REMOTE SENSING

### MAPPING POTENTIAL FISHING ZONES FOR SKIPJACK TUNA (*Katsuwonus pelamis*) DURING APRIL-JUNE IN BONE BAY USING REMOTE SENSING TECHNOLOGY

Mukti Zainuddin, Alfa Nelwan, St. Aisjah Farhum, Najamuddin, M.A. Ibnu Hajar, M. Kurnia, Sudirman

Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin  
Teregistrasi 1 tanggal: 15 Mei 2013; Diterima setelah perbaikan tanggal: 31 Juli 2013;  
Disetujui terbit tanggal: 04 September 2013

#### ABSTRAK

Satelit penginderaan jauh dapat memberikan informasi sistematis tentang kondisi oseanografi. Penelitian ini bertujuan memetakan zona potensial penangkapan ikan (ZPPI) cakalang di Teluk Bone selama April-Juni 2012 menggunakan citra suhu permukaan laut (SPL) dan klorofil-a yang dikombinasikan dengan data penangkapan *pole and line*. ZPPI dipetakan menggunakan teknik sistem informasi geografis yang dikonstruksi dari hasil analisis fungsi distribusi kumulatif empiris dan *generalized additive model* (GAM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama bulan April-Juni di Teluk Bone, ZPPI cenderung berada pada area 120.5-121.5° BT dan 3.5-5° LS. Lokasi dengan nilai *Catch per unit effort* (CPUE) yang tinggi tersebut diindikasikan dengan kondisi SPL dan konsentrasi klorofil-a masing-masing antara 28.75-31.5° C dan antara 0.10 dan 0.2 mg m<sup>-3</sup>. Kombinasi nilai preferensi faktor oseanografis tersebut diduga kuat merefleksikan kondisi kelimpahan makanan yang cukup tinggi dimana zona tersebut pada gilirannya menjadi daerah tempat berkumpulnya gerombolan ikan cakalang dan menjadi zona target bagi penangkapan *pole and line* di Teluk Bone.

**Kata kunci:** Ikan cakalang, remote sensing faktor oseanografi satelit, ZPPI, Teluk Bone

#### ABSTRACT

Satellite remote sensing provides systematically important information on oceanographic conditions. Sea surface temperature (SST) and sea surface chlorophyll-a concentration (Chl-a) derived from Aqua/ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) data together with skipjack catch data during April-June 2012 were used to map potential fishing zones for skipjack tuna in the Bone Bay. Geographic information system was then employed to map out of the potential fishing zones generated by non-linear model (Generalized Additive Model/GAM) and the empirical cumulative distribution function (ECDF) analyses. Results indicated that the highest catch per unit efforts (CPUE) mostly occurred in areas of 120.5-121.5° E dan 3.5-5° S. These areas were significantly associated with SST and chlorophyll-a concentration ranged from 28.75- 31.5°C and 0.10 - 0.20 mg m<sup>-3</sup>, respectively. The locations of occurrence of the preferred oceanographic factors suggested the area where feeding opportunity for skipjack schools enhanced and then provided potential fishing grounds for pole and line fishery in Bone Bay.

**Keywords:** Skipjack tuna, satellite remote sensing, oceanographic conditions, potential fishing zones, Bone Bay

#### PENDAHULUAN

Ikan cakalang merupakan salah satu spesies tuna yang melakukan migrasi jarak jauh dan menempati perairan tropis dan sub-tropis (Arai *et al.*, 2005). Secara spatial dan temporal Keberadaan ikan ini sangat terkait dengan dinamika faktor lingkungan khususnya lokasi tempat mencari makan atau biasa disebut *forage habitat* (Sund *et al.*, 1981; Stretta,

1991; Andrade and Garcia, 1999). Oleh karena itu banyak penelitian telah dikembangkan untuk mengoptimalkan kapasitas hasil tangkapan dengan mencoba mengidentifikasi zona yang memiliki konsentrasi ikan cakalang yang tinggi seperti penentuan lokasi mencari makan (Uda., 1973) dan pola migrasi ikan (Nihira, 1996).

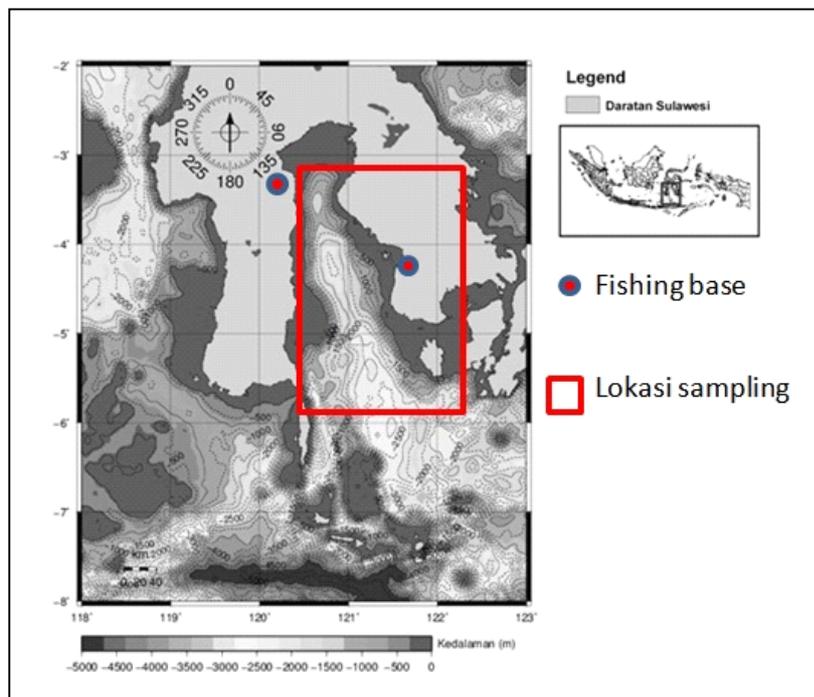
*Korespondensi penulis:*

Universitas Hasanudin Makassar

Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Makassar, 90245. Sulawesi Selatan, Indonesia

Secara umum ikan cakalang tertangkap oleh alat tangkap permukaan seperti pole and line dan purse seine pada kondisi oseanografi yang spesifik. Menurut Lehodey *et al.* (1997), distribusi isotherm suhu permukaan laut (SPL) 29°C dapat dijadikan indikator yang layak untuk mendeteksi zona konvergen dimana ikan cakalang cenderung berlimpah. Penelitian akhir-akhir ini telah menunjukkan bahwa SPL merupakan prediktor paling penting dalam menentukan pola migrasi ikan cakalang di lautan Pasifik utara bagian barat (Mugo *et al.*, 2010), sedangkan klorofil-a merupakan indikator penting dalam mendeteksi habitat ikan tuna (Polovia *et al.*, 2001). Kedua parameter ini (SPL dan klorofil-a) saling melengkapi untuk mendeteksi daerah potensial penangkapan ikan tuna (Zainuddin *et al.*, 2004).

Perairan Teluk Bone yang terletak di wilayah pengelolaan perikanan (WPP 713) merupakan salah satu daerah penangkapan ikan cakalang terbaik di Indonesia (Gambar 1). Potensi sumberdaya ikan tuna dan cakalang di perairan tersebut diperkirakan sebesar 193.500 ton/tahun (Mallawa, 2009). Sedangkan produksi saat ini baru mencapai 85.100 ton/tahun atau tingkat pemanfaatannya baru mencapai 44%. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat produksi hasil tangkapan nelayan masih jauh dari kondisi optimal. Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah untuk memetakan zona potensial penangkapan ikan (ZPPI) cakalang menggunakan data citra satelit remote sensing khususnya pada awal musim timur (April-Juni). Dari penelitian ini diharapkan bahwa nelayan pole and line dapat mengoptimalkan hasil tangkapan ikan cakalang pada awal musim timur.



Gambar 1. Lokasi penelitian pemetaan zona potensi penangkapan ikan cakalang di Teluk Bone  
Figure 1. Study area of mapping potential fishing zone for skipjack tuna in Bone Bay

## DATA DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada musim timur yaitu pada bulan April-Juni 2012. Lokasi penelitian terletak di wilayah perairan Teluk Bone dengan basis penangkapan (*fishing base*) di Kelurahan Morante, Kabupaten Luwu, Sulawesi Selatan, dan basis penangkapan di Pomalaa, Kecamatan Latanbaga, Kolaka, Sulawesi Tenggara.

## Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode survei dengan mengumpulkan dua jenis dataset, yaitu data primer (data yang diukur langsung di lapangan) dan data sekunder (data citra satelit). Data primer terdiri dari data oseanografi (in-situ suhu permukaan laut (SPL) dan posisi penangkapan/ posisi sampling serta data hasil tangkapan ikan cakalang per trip (catch per unit effort/CPUE). Pada penelitian ini nilai CPUE diatas rata-rata seluruh data sampling dikatakan CPUE

tinggi. Data yang diplot pada peta adalah data CPUE tinggi dari bulan April sampai bulan Juni 2012. Data sekunder kondisi oseanografi untuk estimasi SPL dan densitas klorofil-a di daerah penelitian diperoleh dari database NASA (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>). Data tersebut didapatkan dari satelit AQUA dan sensor MODIS (*Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer*) dengan resolusi spasial 4 km dan resolusi temporal bulanan (*monthly average*). Data global citra MODIS untuk kedua parameter oseanografi tersebut yang digunakan dalam penelitian ini adalah data level 3 *Standard Mapped Image* (SMI) dengan format HDF (*Hierarchical Data Format*). Data global dan regional tersebut di *cropping* (*subset*) untuk mendapatkan deskripsi oseanografi studi area dengan software IDL (*Interactive Data Language*).

### Generalized Additive Model

Semua data oseanografi yang diperoleh dari citra satelit bersama dengan data penangkapan digunakan sebagai data input pada *generalized additive model* (GAM). Model ini digunakan untuk mengkaji mekanisme hubungan antara hasil tangkapan ikan cakalang dengan parameter oseanografi. Hasil model ini dapat menunjukkan kisaran faktor oseanografi yang signifikan menjelaskan hasil tangkapan tinggi dalam hubungannya dengan parameter lingkungan laut. Data oseanografi yang menjadi input model GAM antara lain SPL dan konsentrasi klorofil-a. Model GAM dapat dilihat pada persamaan berikut (Hastie and Tibshirani, 1990):

$$g(\mu(x)) = \eta(x) = \alpha + \sum_{i=1}^p f_i(x_i) \quad (1)$$

dimana  $g$  adalah fungsi hubungan,  $x_i$  adalah vektor variabel oseanografi predictor (SPL dan klorofil-a),  $\eta(x)$  adalah prediktor aditif,  $\mu$  adalah respon rata-rata variabel,  $\alpha$  adalah konstanta perpotongan (intersep),  $p$  adalah jumlah trip/setting pemancingan dan  $f_i$  adalah fungsi non-parametrik yang ke- $i$ . Model ini digunakan untuk menentukan tingkat oseanografi optimum dimana hasil tangkapan diprediksi lebih besar.

### Fungsi Distribusi Kumulatif Empiris

Untuk mengidentifikasi habitat ikan cakalang di Teluk Bone dalam hubungannya dengan dengan parameter lingkungan laut, SPL dan konsentrasi klorofil-a digunakan juga *empirical cumulative distribution functions* / ECDF (fungsi distribusi kumulatif empiris). Tujuan analisis ini adalah untuk

mengkaji kisaran faktor oseanografi yang signifikan dengan tingkat hasil tangkapan (CPUE) diatas rata-rata. Dalam analisis ini digunakan tiga fungsi sebagai berikut (Andrade and Garcia, 1999; Zainuddin *et al.*, 2008):

$$f(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l(x_i) \quad (2)$$

dengan fungsi indikator

$$l(x_i) = \begin{cases} 1, & \text{jika } x_i \leq t \\ 0, & \text{sebaliknya} \end{cases}$$

$$g(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\bar{y}} l(x_i) \quad (3)$$

$$D(t) = \max | f(t) - g(t) | \quad (4)$$

dimana,  $f(t)$ : fungsi distribusi frekuensi kumulatif empiris (jumlah *setting/trip*),  $g(t)$ : fungsi distribusi kumulatif hasil tangkapan terboboti (CPUE diatas rata-rata),  $l(x_i)$ : fungsi indikasi (memberikan nilai 1 jika ada upaya penangkapan dan memiliki nilai SPL dan klorofil-a pada posisi tersebut dan 0 jika sebaliknya and  $D(t)$ : nilai absolut perbedaan antara kurva  $f(t)$  dan  $g(t)$  pada setiap trip  $t$ , dan dianalisis dengan standard Kolmogorov-Smirnov test,  $n$ : jumlah trip penangkapan,  $x_i$ : pengukuran variabel oseanografi yang dideteksi dari satelit dalam trip penangkapan  $i$ ,  $t$ : sebuah indeks, dimana observasi terurut dari nilai rendah ke nilai tinggi dari variabel oseanografi,  $y_i$ : CPUE yang diperoleh pada trip penangkapan ke- $i$ , and  $\bar{y}$ : nilai rata-rata CPUE estimasi untuk seluruh trip. Label "max" menunjukkan nilai spesifik dari variabel (SPL dan klorofil-a) ketika perbedaan antara dua kurva ( $Dg(t)-f(t)D$ ) adalah maksimum.

### Pemetaan Zona Potensial Penangkapan Ikan (ZPPI)

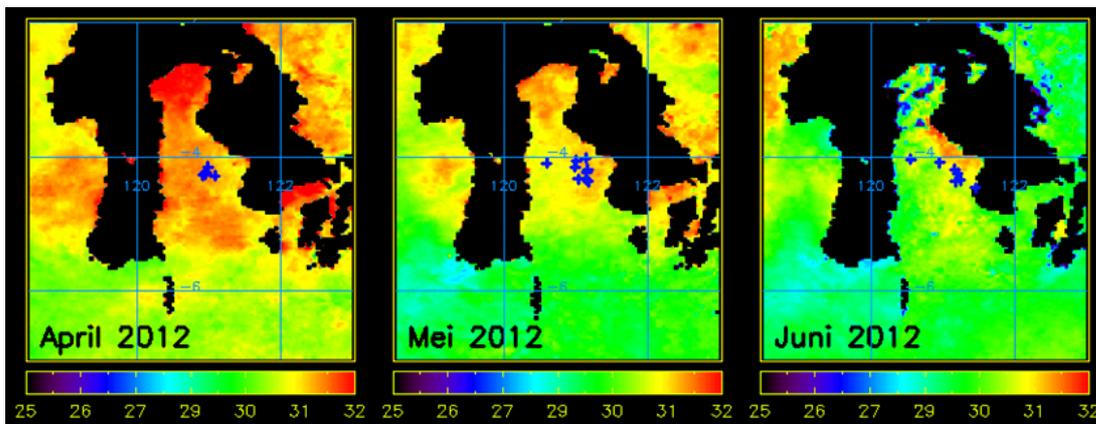
Hasil analisis GAM dan ECDF memberikan informasi kisaran faktor oseanografi yang bersesuaian dengan hasil tangkapan tinggi ikan cakalang. Kisaran ini (baik untuk peta citra SPL maupun untuk konsentrasi klorofil-a) kemudian dikombinasikan kedalam satu peta prediksi zona potensial penangkapan ikan (ZPPI) cakalang di lokasi penelitian di Teluk Bone). Peta tersebut dapat menggambarkan secara spasial daerah dengan prediksi hasil tangkapan di atas rata-rata (relatif lebih tinggi) dan lokasi dengan hasil tangkapan yang kurang.

## HASIL DAN BAHASAN

### HASIL

Selama periode awal musim timur, April hingga Juni 2012, distribusi suhu permukaan laut (SPL) yang diperoleh dari citra satelit di perairan Teluk Bone cenderung mengalami perubahan (penurunan secara berkala) (Gambar 2). SPL tertinggi terjadi pada bulan April dan terendah pada bulan Juni. Pada bulan April, suhu hangat perairan hampir menyebar ke seluruh wilayah Teluk Bone dan SPL tertinggi dapat diamati berada pada area sebelah utara teluk. Hasil tangkapan

tinggi (CPUE tinggi) ikan cakalang pada bulan ini terkonsentrasi pada daerah perairan yang relatif sempit yaitu 120.8-121.2 °BT dan 4-4.5°LS dengan SPL 29.3943-32.7690°C ( $31.08^{\circ}\text{C} \pm 1.6873$ ). Pada waktu yang sama, kondisi klorofil-a pada lokasi tersebut berkisar 0.1095- 0.1967 mg m<sup>-3</sup> ( $0.1531 \pm 0.0436$  mg m<sup>-3</sup>) (Gambar 3:kiri). Nilai klorofil-a tertinggi pada bulan April terlihat pada bagian utara teluk. Nilai rata-rata SPL dan klorofil-a untuk CPUE tinggi tersebut dijadikan sebagai sebuah indikator kondisi bio-fisika oseanografi yang bersesuaian dengan keberadaan/ kelimpahan ikan cakalang.



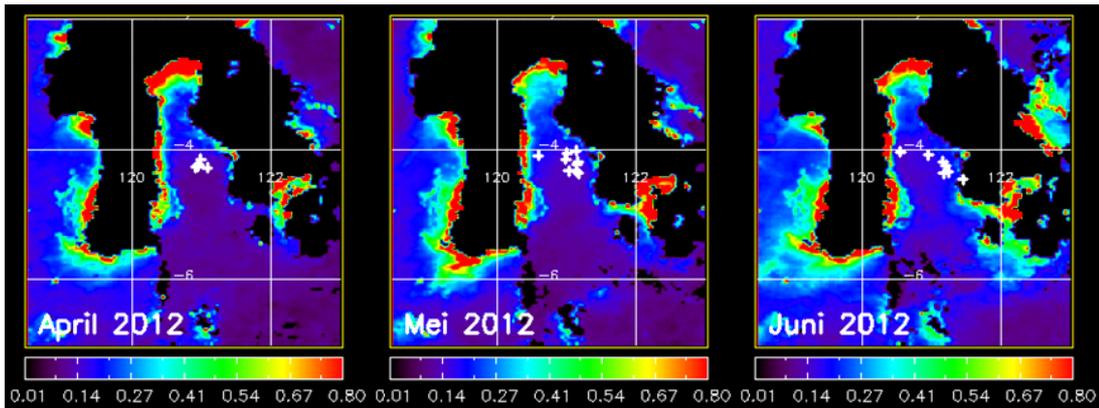
Gambar 2. Distribusi CPUE tinggi (tanda plus warna biru) untuk ikan cakalang yang ditumpang susun diatas citra suhu permukaan laut (SPL) pada bulan April-Juni 2012.

Figure 2. Distribution of the high skipjack CPUE shown as a blue plus sign overlain on SST images during April-June 2012.

Berdasarkan data satelit (data satelit dapat diukur dengan akurasi hingga 4 desimal) pada bulan Mei, perairan Teluk Bone terlihat jelas mengalami penurunan suhu permukaan. Konsentrasi tinggi ikan cakalang tampak sedikit bergeser ke arah timur teluk dan tetap berasosiasi dengan SPL yang relatif hangat antara 29.4799°C dan 31.2892°C ( $30.3845^{\circ}\text{C} \pm 0.9046^{\circ}\text{C}$ ) (Gambar 2:tengah). Pada saat bersamaan, gerombolan ikan cakalang (CPUE tinggi) pada bulan Mei berasosiasi dengan tingkat konsentrasi klorofil-a antara 0.1167-0.1998 mg m<sup>-3</sup> ( $0.1582$  mg m<sup>-3</sup>  $\pm 0.0415$  mg m<sup>-3</sup>) (Gambar 3:tengah).

Pada bulan Juni 2012, peta SPL menunjukkan dengan jelas bahwa pergerakan spasial hasil tangkapan tinggi ikan cakalang semakin bergeser ke timur dan konsisten bersesuaian dengan suhu hangat antara 29.0763°C dan 30.7976°C ( $29.9370^{\circ}\text{C} \pm 0.8607^{\circ}\text{C}$ ) (Gambar 2:kanan). Hal ini mengindikasikan bahwa CPUE ikan cakalang yang

tinggi terkait dengan distribusi SPL hangat yang bisa diamati dari citra satelit. Pada waktu yang bersamaan, dapat dilihat bahwa CPUE tinggi ikan cakalang pada bulan Juni bersesuaian dengan kisaran klorofil-a antara 0.1611 mg m<sup>-3</sup> dan 0.1727 mg m<sup>-3</sup> ( $0.1669$  mg m<sup>-3</sup>  $\pm 0.0058$  mg m<sup>-3</sup>) (Gambar:kanan). Berdasarkan peta citra klorofil-a didapatkan bahwa konsentrasi tinggi ikan cakalang secara langsung tidak berhubungan dengan tingginya kelimpahan klorofil-a. Tetapi hal yang menarik terlihat bahwa pergeseran CPUE tinggi ikan cakalang dari bulan April hingga Juni ke arah timur mengikuti peningkatan secara berkala konsentrasi klorofil-a di bagian timur Teluk Bone. Hal ini diduga kuat bahwa makanan ikan cakalang meningkat bersamaan dengan berkembangnya konsentrasi klorofil-a dan kemudian diikuti dengan tingginya gerombolan ikan cakalang yang berkumpul. Dengan demikian akan tercipta zona potensial penangkapan ikan cakalang.



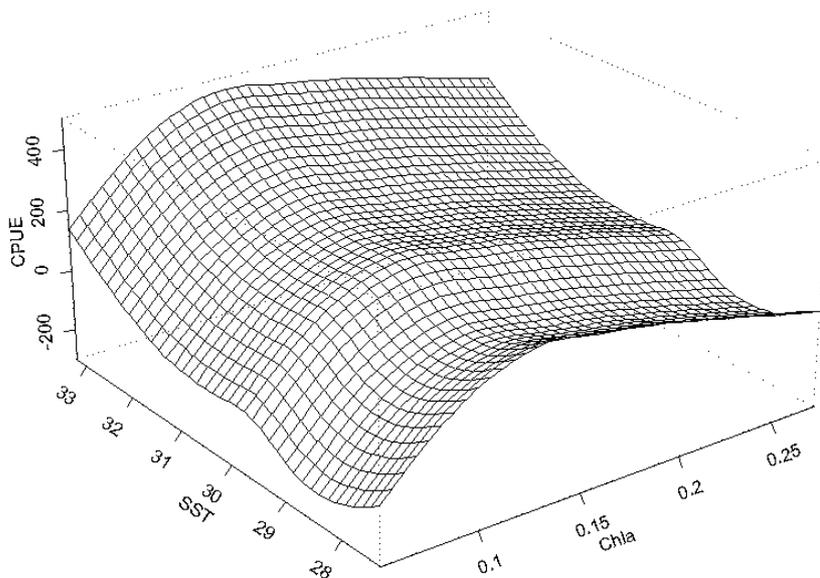
Gambar 3. Distribusi CPUE tinggi (tanda plus warna putih) untuk ikan cakalang yang ditumpang susun diatas citra konsentrasi klorofil-a pada bulan April-Juni 2012.

Figure 3. Distribution of the high skipjack CPUE shown as a white plus sign overlain on chlorophyll images during April-June 2012.

**BAHASAN**

Dari hasil 3-D prediksi CPUE ikan cakalang dengan menggunakan model GAM terlihat jelas bahwa nilai CPUE yang tinggi didapatkan pada kondisi SPL sekitar 30°C dan pada saat yang sama juga terlihat bersesuaian dengan tingkat klorofil-a sekitar 0.15 mg m<sup>-3</sup> (Gambar 4). Gambar 4 merupakan hasil dari persamaan 1. Hasil dari grafik ini diperkuat dengan hasil yang didapatkan dari gambaran peta citra SPL dan klorofil-a (Gambar 2 dan 3) bahwa hasil tangkapan

tinggi ikan cakalang di Teluk Bone pada periode April-Juni berasosiasi dengan SPL hangat di teluk yaitu antara 28°C dan 31°C dengan konsistensi sekitar 30°C dan konsentrasi klorofil-a sekitar 0.15 mg m<sup>-3</sup> (0.10-0.2 mg m<sup>-3</sup>). Hal ini diduga kuat bahwa kisaran optimum kedua faktor oseanografi tersebut merupakan indikasi yang baik bagi kelimpahan makanan ikan cakalang di Teluk Bone seperti teri dan *crustacea*. Keduanya merupakan komponen tertinggi dan terpenting dalam kebiasaan makan ikan cakalang (Azwir dkk., 2004).



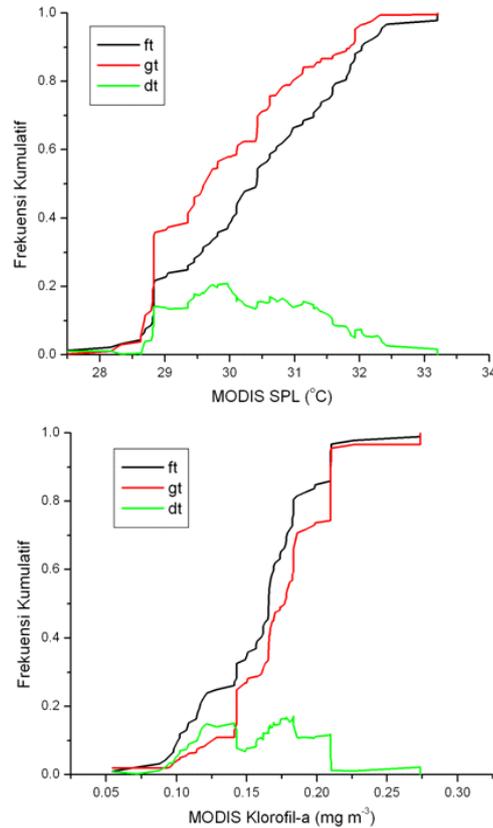
Gambar 4. Grafik 3-D hasil prediksi CPUE model GAM berdasarkan parameter SPL/ SST dan konsentrasi klorofil-a yang diperoleh dari citra satelit Aqua/MODIS.

Figure 4. 3-D graph of skipjack tuna CPUE prediction using GAM based on Aqua/MODIS SST and chlorophyll-a as input data.

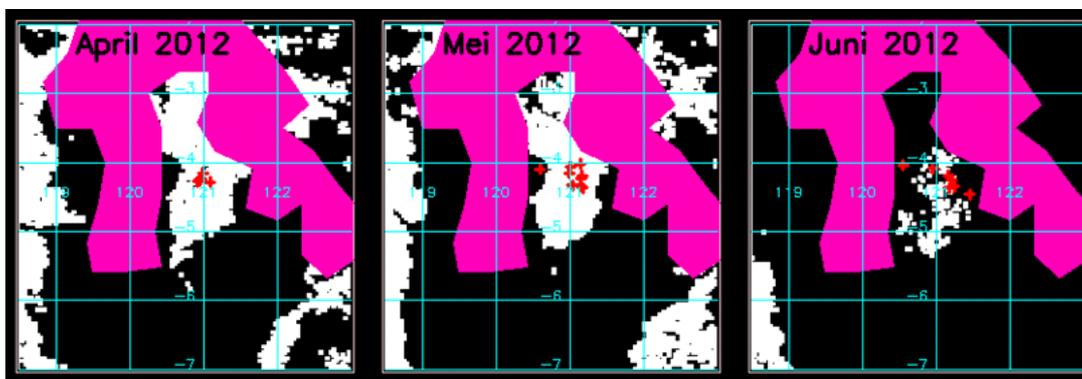
Berdasarkan hasil analisis statistik ECDF didapatkan bahwa kisaran variabel SPL yang berasosiasi kuat dengan hasil tangkapan tinggi ikan cakalang yaitu pada interval antara 28.75°C dan 31.5°C (Gambar 5:atas). Gambar 5 merupakan hasil dari persamaan 2-4. Kisaran preferensi SPL untuk ikan cakalang ini cukup konsisten bila dibandingkan dengan hasil penelitian pada tahun 2007 dan 2009 di lokasi yang sama (Zainuddin dan Farhum, 2010;Zainuddin, 2011). Sedangkan kisaran oseanografis klorofil-a dimana berhubungan secara signifikan terhadap peningkatan CPUE ikan cakalang terletak antara 0.10 dan 0.2 mg m<sup>-3</sup> (Gambar 5:bawah). Hasil analisis ECDF ini memperkuat hasil prediksi CPUE dari hasil analisis GAM (Gambar 4) dan distribusi citra bulanan parameter bio-fisika oseanografis (Gambar 2 dan 3). Gambar 5 menjelaskan bahwa makin tinggi nilai dt, makin kuat hubungan (asosiasi) antara hasil tangkapan tinggi dengan parameter oseanografi (SPL dan klorofil-a). Karena itu nilai dt dikasi secara cermat pada kisaran relatif faktor oseanografi tersebut dalam Gambar 5. Namun demikian, hasil ini memiliki kisaran preferensi klorofil-a relatif lebih rendah dibandingkan tahun sebelumnya (tahun 2007 dan 2009) di Teluk Bone, (Zainuddin dan Farhum, 2010;Zainuddin, 2011).

Peta prediksi zona potensial penangkapan ikan (ZPPI) menggambarkan pola spasial distribusi sinoptik kisaran optimal parameter SPL dan klorofil-a pada bulan April hingga Juni 2012. Pada bulan April dan Mei terlihat jelas bahwa distribusi CPUE tinggi ikan cakalang tepat berada pada area ZPPI. Hasil ini menjelaskan bahwa gerombolan ikan cakalang dalam jumlah besar cenderung berada pada zona optimum yaitu 120.5-121.5° BT dan 3.5-5° LS secara oseanografis berdasarkan parameter penelitian (Gambar 6). Meskipun distribusi ZPPI pada bulan Juni relatif lebih sempit dengan dua bulan sebelumnya,

namun CPUE tinggi ikan cakalang tetap berada berada zona optimum. Hal ini berarti bahwa distribusi dan kelimpahan ikan cakalang konsisten dengan sebaran optimum kedua parameter SPL dan klorofil-a.



Gambar 5. Grafik fungsi distribusi kumulatif empiris untuk SST (atas) dan klorofil-a (bawah) pada periode April-Juni 2012  
 Figure 5. Empirical cumulative distribution function graph for SST (upper) and chlorophyll-a (lower) for the period of April-June 2012.



Gambar 6. Distribusi CPUE tinggi (tanda plus warna merah) untuk ikan cakalang yang ditumpang susun diatas zona potensial penangkapan ikan/ ZPPI (area warna putih) pada bulan April-Juni 2012.  
 Figure 6. Distribution of the high skipjack CPUE shown as a red plus sign overlain on potential fishing zone images during April-June 2012.

## KESIMPULAN

Dengan menggunakan data set tiga bulan (April-Juni 2012) sebagai studi pendahuluan terhadap pemetaan zona potensial penangkapan ikan cakalang yang terbaru di Teluk Bone, penelitian ini menyimpulkan beberapa poin penting:

1. Berdasarkan hasil pemetaan selama awal musim timur (April-Juni) lokasi ZPPI cakalang dideteksi pada area 120.5-121.5° BT dan 3.5-5° LS dan formasinya cukup dinamis terkait dengan kondisi parameter oseanografis.
2. Lokasi tersebut terkait erat dengan dinamika optimum kisaran kedua parameter biofisika oseanografis yaitu SPL dan klorofil-a yang diestimasi dari satelit Aqua/MODIS.

## PERSANTUNAN

Tulisan ini merupakan kontribusi dari kegiatan penelitian Riset Unggulan Berbasis Program Studi (**RUBPS**) DIPA UNHAS dengan judul pemetaan kelayakan zona potensi penangkapan ikan cakalang bagi unit penangkapan *pole and line* pada musim timur di Teluk Bone TA 2012 atas nama Mukti Zainuddin. Tulisan ini juga merupakan kontribusi dari kegiatan Riset **MP3EI TA 2012**. Kami berterima kasih kepada sdr. Hildayani yang telah mendukung data lapangan untuk penelitian ini. Secara khusus juga, ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Institusi NASA melalui website: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov> dengan free access data citra satelit yang digunakan dalam studi ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andrade, H.A. & C.A Garcia. 1999. Skipjack tuna fishery in relation to sea surface temperature off the southern Brazilian coast. *Fish. Oceanogr.* 8:245–254.
- Arai, T., A. Kotake, S. Kayama, M. Ogura & Y. Watanabe. 2005. Movements and life history patterns of the skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* in the western Pacific, as revealed by otolith Sr:Ca ratios. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 85:1211–1216.
- Azwir, Z.A. Muchlisin & I. Ramadhani. 2004. Studi isi lambung ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) dan tongkol (*Auxis thazard*).

Lehodey, P., V. Bertignac, J. Hampton, A. Lewis, & Picaut, J. 1997. El Niño southern oscillation and tuna in the western Pacific. *Nature* 389:715–718.

Mallawa, A. 2009. Pemetaan Daerah Potensial Penangkapan, Ikan Tuna dan Cakalang di Perairan Teluk Bone. *Laporan Penelitian STRANAS UNHAS*. Tidak Dipublikasikan. 50 hal.

Mugo, R., S. Saitoh, A. Nihira & T. Kuroyama. 2010. Habitat characteristics of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the western North Pacific: a remote sensing perspective. *Fish. Oceanogr.* 19:382–396.

Nihira, A. 1996. Studies on the behavioral ecology and physiology of migratory fish schools of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the oceanic frontal area. *Bull. Tohoku Natl. Fish. Res. Inst.* 58:137–233.

Polovina, J.J., E. Howell, D.R. Kobayashi & Seki, M.P. 2001. The transition zone chlorophyll front, a dynamic global feature defining migration and forage habitat for marine resources. *Prog. Oceanogr.* 49:469–483.

Uda, M. 1973. Pulsative fluctuation of oceanic fronts in association with tuna fishing ground and fisheries. *J. Fac. Mar. Sci. Technol., Tokai Univ.* 7:245–265.

Zainuddin, M. 2011. Skipjack Tuna In Relation To Oceanographic Conditions of Bone Bay Using Remotely Sensed Satellite Data. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 3:82-90.

Zainuddin, M., K. Saitoh & S. Saitoh. 2004. Detection of potential fishing ground for albacore tuna using synoptic measurements of ocean color and thermal remote sensing in the northwestern North Pacific. *Geophys. Research Letter* 31, L20311, doi:10.1029/2004GL021000.

Zainuddin, M., K. Saitoh & S. Saitoh. 2008. Albacore (*Thunnus alalunga*) fishing ground in relation to oceanographic conditions in the western North Pacific Ocean using remotely sensed satellite data. *Fish. Oceanogr.* 17:61–63.