

## DINAMIKA SPASIAL TEMPORAL SEBARAN KLOOROFIL-A PERAIRAN SELAT MAKASSAR KAITANNYA DENGAN LOKASI PENANGKAPAN IKAN

W.Samad<sup>a,\*</sup>, M.A.Amran<sup>a</sup>, A.H. Muhiddin<sup>a</sup>, R. Tambaru<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departemen Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin  
Jl. P. Kemerdekaan KM.10 Tamalanrea, Makassar, Indonesia 90245

### Abstract

Surface chlorophyll-a (Chl-a) distribution have been analyzed with seasonal variation during southeast monsoon in southern part of Makassar straits and Flores sea. Satellite data of Landsat 8 is applied to this study to formulate the distribution of chlorophyll concentration during monsoonal wind period. The distribution of chlorophyll concentration was normally peaked condition in August during southeast monsoon. The result satellite data show that a slowdown in the rise of the distribution of chlorophyll in September with a lower concentration than normal is likely due to a weakening the strength of southeast trade winds during June – July – August 2016. Further analysis showed that the southern part waters of the strait Makassar is likely occurrence of upwelling characterized by increase in surface chlorophyll concentrations were identified as the potential area of fishing ground.

*Keywords: chlorophyll, Landsat 8, southeast monsoon, Makassar Strait*

### 1. Pendahuluan

Selat Makassar bagian selatan merupakan salah satu perairan yang relatif lebih subur karena diduga ada penarikan massa air dalam ke lapisan permukaan yang sifatnya lokal dan temporer dalam areal yang sempit. Suburnya perairan Selat Makassar terjadi sepanjang tahun bukan hanya pada musim barat tetapi juga pada musim timur. Pada musim barat penyuburan terjadi karena adanya run off dari daratan Kalimantan maupun Sulawesi dalam jumlah besar akibat curah hujan yang cukup tinggi, sedangkan pada musim timur penyuburan terjadi karena adanya penarikan massa air (upwelling) di selatan Selat Makassar. Nababan *dkk.*, (2009) mengungkapkan bahwa tingginya konsentrasi klorofil-a permukaan diduga kuat terjadinya upwelling pada musim timur hingga awal musim peralihan (Juli-September) di perairan selatan Selat Makassar yang diindikasikan dengan suhu dingin dan konsentrasi klorofil-a relative tinggi. Selanjutnya, lebih jauh lagi diungkapkan oleh Kurniawati, *dkk.*, 2015 bahwa sebaran konsentrasi klorofil-a di laut bervariasi menurut letak geografis maupun kedalaman perairan. Variasi ini disebabkan oleh perbedaan intensitas cahaya matahari dan konsentrasi nutrisi yang terkandung di dalam perairan. Sebaran konsentrasi klorofil-a lebih tinggi pada perairan pantai dan pesisir, serta konsentrasi klorofil-a rendah di perairan lepas pantai.

Naiknya air lapisan dalam ke lapisan permukaan di perairan selatan Selat Makassar bukan hanya disebabkan oleh dampak sirkulasi arus lintas Indonesia namun ada peran kuatnya hembusan angin pasat tenggara (Samad, *dkk.*, 2015) dan pengaruh dipole mode dari samudera Hindia (Susanto *et al.*, 2006; Curie *et al.*, 2013). Produktifitas perairan tinggi diidentifikasi dengan tingginya konsentrasi klorofil-a di perairan tersebut (Rasyid, 2010). Konsentrasi klorofil-a merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan produktifitas primer di laut. Sebaran dan tinggi rendahnya konsentrasi klorofil sangat terkait dengan kondisi oseanografis

perairan. Sebaran konsentrasi klorofil-a pada umumnya tinggi di perairan pantai sebagai akibat dari suplai nutrisi tinggi yang berasal dari daratan melalui limpasan air sungai, dan rendah di perairan lepas pantai. Meskipun demikian konsentrasi klorofil-a tinggi dapat ditemukan pula di perairan lepas pantai, disebabkan adanya proses sirkulasi massa air (Sukoraharjo, 2012; Syahdan *et al.*, 2014).

Disamping itu, pertukaran massa air dengan Samudera Pasifik melalui Laut Sulawesi, Laut Flores dan laut Jawa mempengaruhi tingkat produktifitas primer di perairan selatan Selat Makassar (Inaku, 2015; Kurniawati *dkk.*, 2015) sehingga menjadi salah satu penyebab perairan selatan Selat Makassar menjadi sangat dinamis yang erat kaitannya dengan areal potensial perikanan yang disebabkan oleh pengkayaan unsur hara pada areal tersebut. Tulisan ini membahas dinamika spasial temporal sebaran klorofil-a perairan selatan dari Selat Makassar kaitannya dengan lokasi potensial penangkapan ikan.

### 2. Bahan dan Metode

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Data citra Landsat-8 yang meliputi perairan Selatan Selat Makassar pada path/row 114/64.
2. Peta Rupa Bumi Indonesia, skala 1 : 50.000, yang diterbitkan oleh BAKOSURTANAL, sebagai acuan dalam koreksi geometrik.
3. Komputer yang dilengkapi perangkat pengolah citra (ENVI 5.1)

Penelitian ini dilakukan pada permulaan adanya signal periode musim timur hingga menjelang musim peralihan (dari musim timur ke musim barat) yakni periode Mei hingga Oktober 2016, meliputi data sebaran klorofil-a dan suhu permukaan laut (SPL) yang diperoleh dari website [www.glovis.usgs.gov](http://www.glovis.usgs.gov). Data klorofil dan SPL tersebut diperoleh dari citra Landsat 8 dengan mengambil data perekaman pada tanggal (a) 21 Mei 2016, (b) 6 Juni 2016, (c) 22 Juni 2016, (d) 24 Juli 2016, (e) 9 Agustus 2016, (f) 10 September 2016, (g) 26 September 2016, (h) 12 Oktober

2016. Selanjutnya, data-data tersebut di atas dilakukan pengolahan citra Landsat 8 menggunakan software Envi.5.1.

### 2.1. Klorofil-a

Pengolahan citra Landsat-8 untuk sebaran klorofil-a menggunakan algoritma Ocean Color OC2, yakni :

$$\text{Log (klorofil-a)} = a_0 + \sum a_i \text{Log} (R_2/R_3) \text{ mg/m}^3; i = 1 - 4.$$

Dimana :

- $R_2$  = reflektansi band-2 (biru)
- $R_3$  = reflektansi band-3 (hijau)
- $a_0, a_i$  = koefisien ( $a_0 = 0,1977$ ;  $a_1 = -1,8117$ ;  
 $a_2 = 1,9743$ ;  $a_3 = -2,5635$ ;  
 $a_4 = -0,7218$ ).

### 2.2. Suhu Permukaan Laut

Data band termal dapat dikonversi dari nilai radianansi spektral menjadi *brightness temperature* dengan menggunakan konstanta termal yang disediakan dalam file metadata citra (USGS, 2013):

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L} + 1\right)} - 273 \quad (1)$$

dimana :

$T$  = brightness temperature (oC)

$L$  = TOA spectral radiance (Watts/( $\text{m}^2 \cdot \text{srad} \cdot \mu\text{m}$ ))

$K_1$  = tetapan konversi untuk (K1\_CONSTANT\_BAND)

$K_2$  = tetapan konversi untuk (K2\_CONSTANT\_BAND)

$K_1$  dan  $K_2$  tercantum pada file metadata citra. Persamaan di atas menghasilkan citra T10.

Konversi nilai pixel menjadi nilai radianansi (TOA radiance) dilakukan dengan menggunakan formula (USGS, 2013):

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L \quad (2)$$

dimana:

$L_\lambda$  = TOA spectral radiance (Watts/( $\text{m}^2 \cdot \text{srad} \cdot \mu\text{m}$ )) pada band- $\lambda$

$M_L$  = faktor pengali masing-masing band (RADIANCE\_MULT\_BAND)

$A_L$  = faktor penambah masing-masing band (RADIANCE\_ADD\_BAND)

$Q_{cal}$  = nilai digital pixel

$M_L$  dan  $A_L$  tercantum pada file metadata citra.

Suhu permukaan laut diperoleh dari transformasi :

$$\text{SPL} = (5,971 + 1,859 T_{10} - 0,035 T_{10}^2) \cdot \text{C} \quad (3)$$

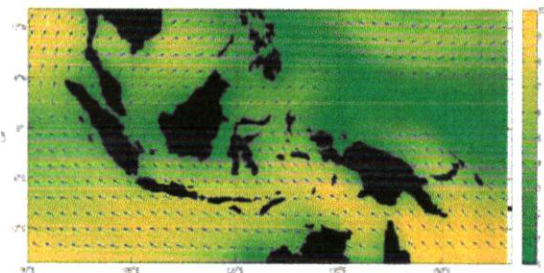
## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Pola Angin Musim Timur

Hembusan angin pada periode musim timur diidentifikasi pada saat memasuki bulan April – Oktober khususnya di perairan selatan selat Makassar. Angin yang berhembus pada periode musim timur merupakan akibat saat matahari berada di belahan bumi utara, sehingga menyebabkan perbedaan

tekanan antara benua Asia dan benua Australia, sebagai dampaknya benua Australia lebih cepat mengalami pendinginan dan bertekanan tinggi dibandingkan dengan benua Asia yang lebih hangat dan bertekanan rendah. Pada periode musim timur, wilayah perairan selatan Selat Makassar mendapat pengaruh angin yang berasal timur. Angin timur ini merupakan angin musun tenggara (musim timur) memiliki peran terhadap pembentukan sirkulasi air permukaan di perairan selatan perairan Selat Makassar. Pola sirkulasi angin musim timur di atas perairan Selat Makassar dapat mempengaruhi distribusi suhu permukaan demikian halnya dengan sirkulasi arus permukaan yang disebabkan oleh angin. Sirkulasi massa air dalam ke lapisan permukaan merupakan peran dari kekuatan hembusan angin pasat tenggara, semakin kuat hembusan angin maka semakin besar pengaruhnya terhadap distribusi suhu maupun klorofil permukaan. Pola sirkulasi angin musim timur dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan data angin di lokasi kajian, pada bulan mei-juni arah angin dominan berasal dari dari arah selatan hingga tenggara menuju ke utara hingga ke barat laut dengan kecepatan 1,0-4,0 m/det. Pada bulan Juli-Agustus arah angin juga masih dominan dari tenggara hingga timur menuju barat dan barat laut dengan kecepatan antara 2-8 m/det. Kemudian pada bulan Sep-Okt arah angin lebih dominan dari timur menuju barat dengan kecepatan antara 2- 7 m/det. Meskipun sudah memasuki musim pancaroba (peralihan) justru arah angin tidak menentu.

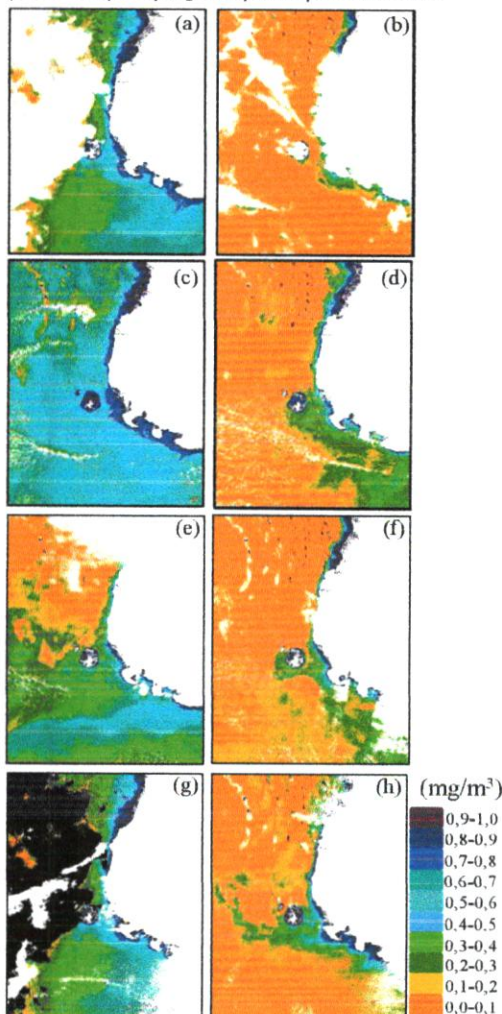


Gambar 1. Profil intensifikasi angin selama periode musim timur (Juni-Juli-Agustus)

### 3.2. Sebaran Klorofil-a

Untuk menyelidiki evolusi 16 harian klorofil-a dengan menggunakan analisis spasial dan temporal selama periode musim timur dari citra satelit Landsat-8 menunjukkan adanya fluktuasi konsentrasi klorofil permukaan. Gambar 2 menunjukkan sebaran konsentrasi klorofil 16 harian di perairan selatan Selat Makassar bahwa pada tanggal 21 Mei, 22 Juni, 9 Agustus dan 26 September konsentrasi klorofil permukaan menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi klorofil pada tanggal 6 Juni, 24 Juli, 10 September dan 12 Oktober dengan sebaran konsentrasi hampir merata dari perairan bagian tengah hingga ke bagian selatan dari perairan Sulawesi Selatan yang meliputi perairan selatan selat Makassar termasuk Laut Jawa dan Laut Flores. Syahdan et al., 2014 mengungkapkan bahwa klorofil permukaan di selat Makassar bervariasi cenderung meningkat ke arah pesisir pantai dan sebaliknya berkurang ke arah lepas pantai. Tingginya

konsentrasi klorofil tersebut merupakan salah satu faktor akibat tingginya intensitas penyinaran matahari yang dapat menyebabkan blooming klorofil dapat terbentuk di sekitar permukaan. Fenomena ini juga diperkuat oleh Rahardjo (2012) dan Rasyid (2010) yang menjelaskan bahwa kondisi oseanografis perairan sangat mempengaruhi tinggi-rendahnya konsentrasi klorofil di permukaan. Distribusi klorofil ini pada umumnya lebih banyak terkonsentrasi dekat permukaan laut sepanjang lepas pantai Sulawesi Selatan dari sebelah barat hingga sebelah selatan daratan pantai Sulawesi Selatan. Namun perlu dicermati bahwa konsentrasi klorofil permukaan tidak terlepas dari dinamika gerak massa air vertikal yang cenderung membawa unsur hara yang dapat diidentifikasi sebagai lokasi yang sangat potensial untuk perikanan pelagis. Respon ikan terhadap fluktuasi klorofil-a yang cenderung stabil karena ketersediaan zat hara yang dibutuhkan oleh fitoplankton selalu tersedia sehingga berdampak terhadap konsentrasi klorofil-a di perairan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Peta citra satelit Landsat 8 konsentrasi klorofil permukaan ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) pada musim timur tahun 2016; (a) 21 Mei, (b) 6 Juni, (c) 22 Juni, (d) 24 Juli, (e) 9 Agustus, (f) 10 Sept, (g) 26 Sept, (h) 12 Oktober.

Kondisi tersebut akan menyebabkan ikan merespons faktor lingkungan lainnya diduga adanya ketersediaan klorofil-a yang

stabil, sehingga tetap berada dalam batas toleransi, akibatnya ikan pelagis kecil akan cenderung merespons fluktuasi faktor oseanografi lainnya, seperti suhu, densitas dan arus. Perbedaan konsentrasi klorofil-a setiap bulannya di perairan selatan Selat Makassar memberikan indikasi bahwa keberadaan ikan juga ikut berfluktuasi.

### 3.3. Sebaran Suhu Permukaan Laut (SPL)

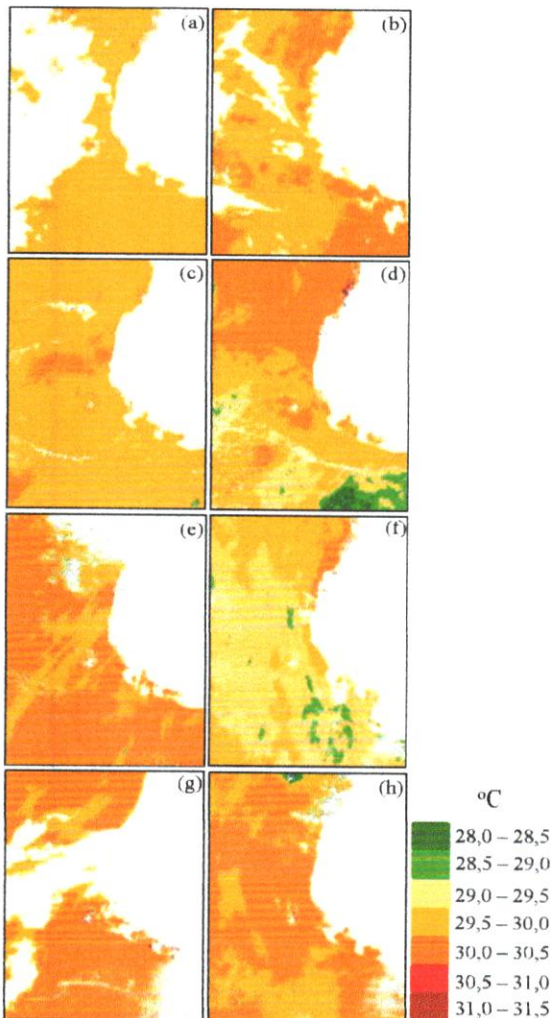
Variasi suhu permukaan laut (SPL) sekitar perairan selatan selat Makassar menunjukkan evolusi 16 harian dari alahan hasil citra Landsat 8. Distribusi SPL diolah berdasarkan munculnya signal musim timur hingga menjelang musim peralihan (dari musim timur ke musim barat) setiap pergantian musim yang secara periodik. Variasi bulanan SPL yang diambil setiap 16 harian selama periode musim timur menunjukkan adanya fluktuasi suhu permukaan laut dari hasil olah citra pada tanggal 21 Mei dan 6 Juni dengan nilai antara  $29,5^\circ\text{C} - 30,5^\circ\text{C}$ . Namun hasil olah citra pada saat intensifnya hembusan angin musim timur menunjukkan sebaran SPL di wilayah selatan perairan Selat Makassar justru tidak merata terutama pada tanggal 24 Juli. Hasil olah citra menunjukkan nilai SPL dicapai pada kisaran suhu antara  $28^\circ\text{C} - 30,5^\circ\text{C}$  seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Keadaan suhu permukaan laut selama bulan Mei 2016 menunjukkan pola penyebaran suhu yang merata. Sebaran suhu di bulan Mei 2016 dari siklus 16 harian menunjukkan kisaran suhu pada  $29,5 - 30,0^\circ\text{C}$ , yang kemudian terjadi peningkatan di minggu I bulan Juni (6 Juni 2016) pada kisaran  $30,0 - 30,5^\circ\text{C}$ . Memasuki minggu III (bulan Juni) kembali mengalami penurunan pada kisaran  $29,0 - 29,5^\circ\text{C}$ . Namun pada akhir bulan Juli suhu permukaan laut signifikan mengalami perubahan, di bagian selatan daratan Sulawesi Selatan cenderung turun pada kisaran  $28,0 - 28,5^\circ\text{C}$  dan fenomena ini sudah diduga kuat adanya pengaruh angin pasat tenggara yang sudah sangat intensif berhembus dari tenggara. Sedangkan di bagian utara justru pada kisaran  $30,0 - 30,5^\circ\text{C}$ . Adanya fluktuasi suhu dimungkinkan oleh pengaruh input sungai, dan kondisi curah hujan yang mengalami penurunan

Fenomena ini menjadi menarik, karena hasil olah citra pada tanggal 24 Juli menunjukkan adanya penurunan SPL di selatan Propinsi Sulawesi Selatan tidak bersamaan meningkatnya konsentrasi klorofil sehingga ada jeda waktu (*time lag*) antara SPL dan klorofil. Berbeda yang diungkapkan oleh Rasyid, 2010 bahwa meningkatnya konsentrasi klorofil ditandai bersamaan dengan menurunnya suhu permukaan laut. Fenomena ini memberikan asumsi bahwa turunnya nilai SPL tidak serta merta diikuti naiknya konsentrasi klorofil. Kajian ini harus lebih komprehensif karena boleh saja penyebab naiknya massa air lapisan dalam ke permukaan bukan menjadi penyebab utama meningkatnya konsentrasi klorofil di permukaan akan tetapi ada kemungkinan pengaruh limpasan air sungai dari daratan, internal laut akibat arus lintas Indonesia (arlindo) maupun pengaruh arus eddy, sehingga perlu kajian yang lebih mendalam.

Suhu permukaan laut jika dihubungkan dengan estimasi daerah penangkapan cenderung berfluktuasi, dalam Rasyid, 2010 menungkapkan bahwa kecenderungan ikan pelagis kecil

memiliki kemampuan beradaptasi pada kisaran suhu hasil pengukuran yakni 28°C – 30°C. Namun kecenderungan penangkapan optimal berada pada kisaran suhu 29°C – 30°C. Selanjutnya dikatakan pula bahwa ikan mempunyai kemampuan untuk mengenali dan memilih range suhu tertentu yang memberikan kesempatan untuk melakukan aktivitas secara maksimum dan pada akhirnya mempengaruhi kelimpahan dan distribusinya.



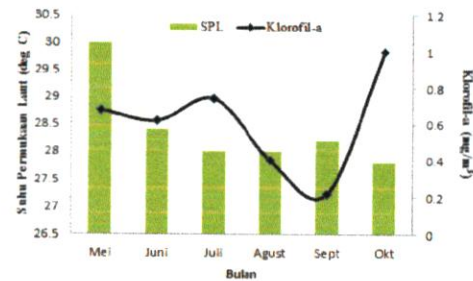
**Gambar 3.** Citra satelit Landsat 8 hasil rekaman suhu permukaan laut (°C) pada musim timur tahun 2016 dari citra satelit Landsat 8; (a) 21 Mei, (b) 6 Juni, (c) 22 Juni, (d) 24 Juli, (e) 9 Agust, (f) 10 Sept, (g) 26 Sept, (h) 12 Okt.

### 3.4. Upwelling dan Areal Penangkapan

Kekuatan angin pasat tenggara menjadi penyebab terjadinya perpindahan massa air lapisan dalam ke permukaan. Perpindahan ini diikuti oleh gerak partikel air yang membawa sumber kehidupan bagi ekosistem untuk tumbuh dan berkembang biak.

Daerah yang terindikasi dengan upwelling erat kaitannya dengan areal penangkapan. Daerah upwelling bukan hanya subur akan tetapi merupakan wilayah ikan untuk mencari makan. Rasyid, dkk., 2010 menjelaskan bahwa keberadaan ikan

pada suatu perairan daerah tropis berhubungan dengan variasi monsun dari lingkungan laut. Pengaruh variasi monsun panjang siang hari dan suhu perairan daerah tropis tidak terlalu berpengaruh jika dibandingkan dengan daerah khatulistiwa. Pada daerah tropis variasi monsun angin dan curah hujan yang lebih berpengaruh terhadap ekosistem laut, dimana variasi monsun akan mempengaruhi ketersediaan jumlah dan jenis makanan yang berdampak langsung terhadap keberadaan ikan di ekosistem laut tropis. Di bagian selatan wilayah selat Makassar diidentifikasi terjadi upwelling karena selama periode musim timur di perairan tersebut memiliki suhu permukaan di bawah normal berkisar antara 26 – 28°C yang ditemukan pada bulan Juli - September.



**Gambar 4.** Grafik SPL dan Klorofil-a di perairan selatan Selat Makassar.

Pada gambar 4 menunjukkan rata-rata bulanan suhu permukaan laut dan klorofil-a di perairan selatan selat Makassar, dari bulan Juni SPL cenderung menurun hingga bulan oktober, sedangkan pada bulan Mei-Oktober konsentrasi klorofil mengalami fluktuasi. Pada bulan Juli konsentrasi klorofil mengalami kenaikan namun tidak signifikan di banding bulan sebelumnya, akan tetapi pada bulan oktober justru meningkat tajam hingga melebihi 1 mg/m³. Diduga ada dampak dari kenaikan massa air selat Makassar oleh arus lintas Indonesia. Diperkuat oleh Sukoraharjo (2012) dan Susanto, et.al., (2006) yang mengungkapkan bahwa peran arus lintas Indonesia dapat memicu terjadinya upwelling pada musim timur, sehingga wilayah ini sangat potensial untuk wilayah penangkapan ikan.

## 4. Kesimpulan

Distribusi konsentrasi klorofil permukaan mulai terdeteksi oleh citra satelit pada saat adanya signal musim timur di sekitar perairan selatan Selat Makassar. Tingginya konsentrasi klorofil permukaan tidak disertai menurunnya suhu permukaan laut akan tetapi ada jeda waktu (time lag). Selama musim timur 2016 terjadi upwelling di perairan selatan Selat Makassar namun sangat lemah dan periodenya cukup singkat yang ditandai melemahnya angin pasat tenggara, sehingga tidak cukup kuat mendorong lapisan massa air dalam ke permukaan.

Variasi nilai kandungan konsentrasi klorofil-a di perairan selatan Selat Makassar cukup tinggi di wilayah pesisir dan semakin menurun di wilayah perairan lepas pantai yang diduga terjadi karena pengaruh aliran sungai-sungai dari daratan Sulawesi Selatan yang bermuara di perairan Selat Makassar.

## 5. Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai dari program hibah BOPTN Benua Maritim Indonesia Spesifik (BMIS) – LP2M Universitas Hasanuddin. Terima kasih pula disampaikan kepada Bapak Kepala Laboratorium Penginderaan Jauh FIKP Unhas atas fasilitas dalam pengolahan citra Landsat 8.

## Daftar Pustaka

- A. Rasyid J., "Distribusi suhu permukaan pada musim peralihan barat-timur terkait dengan fishing ground ikan pelagis kecil di perairan Spermonde", *Jurnal Torani*, vol. 20(1), pp. 1–7, 2010.
- B. Nababan, D. Zulkarnain, J.L. Gaol., "variabilitas konsentrasi klorofil-a di perairan utara sumbawa berdasarkan data satelit SeaWiFS", *E-jurnal Ilmu dan Kelautan Kelautan Tropis*, vol. 1 (2), pp. 72-83, 2009.
- D. F. Inaku, "Analisis Pola Penyebaran dan Perkembangan Area Upwelling di Bagian Selatan Selat Makassar", *Jurnal Torani* vol. 25 (2) Agustus, pp.67-74, 2015.
- F. Kurniawati, T.B Sanjoto, dan Juhadi, "Pendugaan Zona Potensi Penangkapan Ikan Pelagis Kecil di Perairan Laut Jawa pada Musim Barat dan Musim Timur dengan Menggunakan Citra Aqua Modis," *Geo Image* 4 (2) 2015.
- J. C. Currie, M. Lengaigne, J. Vialard, D. M. Kaplan, O. Aumont, S. W. A. Naqvi, and O. Maury, "Indian Ocean Dipole and El Niño/Southern Oscillation impacts on regional chlorophyll anomalies in the Indian Ocean", *Ballast Water*, vol. 6, no. 4, pp. 465–485, Aug. 2007.
- M. Syahdan, A.S. Atmadipoera, S.B. Susilo, J.L. Gaol, "Variability of surface Chlorophyll-a in the Makassar Strait-Java Sea, Indonesia", *Intr.Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*. Vol 14 no 2, pp. 103-116. 2014.
- S. S. Sukoraharjo, "Variabilitas Konsentrasi Klorofil-a di Perairan Selat Makassar: Pendekatan Wavelet", *Jurnal Sagara*. Vol. 8(2) Desember, pp. 77-87, 2012.
- R.D. Susanto, T. S. Moore II, and J. Marra, "Ocean color variability in the Indonesian Seas during the SeaWiFS era", *Geochemistry Geophysics Geosystem*, Vol.7, Q05021, 2006.
- USGS, 2013, Using USGS Landsat 8 Product, diakses melalui <http://landsat.usgs.gov>.
- USGS/EROS, 2012, *Landsat Data Continuity Mission (LDCM) Level 1 (L1), Data Format Control Book (DFCB)*, diakses melalui <http://landsat.usgs.gov>
- W.Samad, J-H Oh, D.A. Suriamihardja, D. Widyanuriyawan "Variasi Suhu Permukaan Laut dan Distribusi Klorofil di Perairan Indonesia", *Prosiding Seminar Nasional Perikanan dan Kelautan V Universitas Brawijaya*. pp. 334-338, 2015.