

ANALISIS POLA SEBARAN DAN PERKEMBANGAN AREA UPWELLING DI BAGIAN SELATAN SELAT MAKASSAR

Analysis of Upwelling Distribution and Area Enlargement in the Southern of Makassar Strait

Dwi Fajriyati Inaku*

Diterima: 5 Juni; Disetujui: 2 Juli

ABSTRACT

Waters of the southern of Makassar Strait is a region which relatively rich of organic matter because the phenomenon of upwelling along the eastern season. The purpose of this research was to analyze the distribution patterns and the development of upwelling areas in the southern of Makassar Strait. This study used chlorophyll-a data and sea surface temperature from level 1 of Modis image for two years (2009 and 2010). The result showed that phenomenon of upwelling that occurs in the southern Makassar Strait appears since early June, the strongest upwelling in August and disappear in October. The upwelling was indicated by declining of sea surface temperature and increasing of chlorophyll-a concentration. Analysis of wind direction and speed indicate that the upwelling occurs in the southern Makassar strait spread to southwest with and estimated upwelling area around 46.000 km².

Keywords: upwelling, Makassar Strait, chlorophyll-a, sea surface temperature.

PENDAHULUAN

Secara geografis Selat Makassar berbatasan dan berhubungan dengan Samudera Pasifik di bagian utara melalui Laut Sulawesi dan di bagian selatan dengan Laut Jawa dan laut Flores, sedangkan bagian barat berbatasan dengan Pulau Kalimantan dan bagian timur dengan Pulau Sulawesi. Masuknya massa air bersalinitas rendah dari daratan Pulau Kalimantan dan Sulawesi, serta pertukaran massa air dengan Samudera Pasifik melalui Laut Sulawesi, Laut Flores dan laut Jawa mempengaruhi tingkat produktivitas primer di perairan Selat Makassar.

Selat Makassar merupakan perairan yang relatif lebih subur bila dibandingkan dengan perairan lainnya di Indonesia. Suburnya perairan Selat Makassar terjadi sepanjang tahun baik pada musim barat maupun 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 kenaikan massa air (*upwelling*) di selatan Selat Makassar (Illahude, 1978).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengkaji daerah *upwelling* di Selat Makassar, penelitian yang dilakukan oleh Wyrcki (1961) dan Illahude (1970) menunjukkan bahwa terjadi *upwelling* di bagian selatan perairan Selat Makassar. Penelitian ini kemudian dilanjutkan oleh Afdal (2004) dan Riyono (2006) dengan menganalisis sebaran klorofil-a di lokasi yang sama. Penelitian terakhir yang berkaitan dengan ini adalah penelitian Rasyid (2009) dan Yuwono (2010) yang menunjukkan adanya penampakan tingkat produktivitas yang tinggi di selatan perairan Selat Makassar, namun kehadirannya terlihat hanya pada periode tertentu saja. Penampakan *upwelling* beserta dugaan kehadirannya yang hanya terjadi pada saat-saat tertentu saja ini menjadi hal yang menarik untuk dikaji lebih lanjut, mengingat fenomena ini sebelumnya telah banyak dikaji namun metode yang digunakan masih terpisah-pisah dengan batasan area *upwelling* yang belum jelas karena daerah yang dikaji tentu tidaklah sempit. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu kajian untuk menganalisis fenomena *upwelling* beserta pola sebarannya dengan lebih baik secara spasial maupun temporal.

* Korespondensi:

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Universitas Hasanuddin
Makassar, 90245 email: wiwik.inaku@gmail.com

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Perairan Selat Makassar pada posisi 01°00'00"– 07°50'07" LS dan posisi 114°27'96" – 120°47'35" BT. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop dengan perangkat lunak sebagai pendukung dalam pengolahan data. Perangkat lunak yang dimaksud yaitu Microsoft Excel 2007, Modis browser, Modis Project, Envi 4.2, Er Mapper 7.0, Surfer 9.0, dan Arc Gis 9.3. Sedangkan bahan yang digunakan adalah data Suhu Permukaan Laut (SPL) dan data klorofil-a dari citra MODIS, selain itu digunakan pula data pendukung berupa data oseanografi dan data meteorologi wilayah Perairan Selat Makassar.

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data citra satelit MODIS level 1 dengan resolusi 1 km dalam format HDF (*Hierarchical Data Format*). Data sebaran SPL dan Klorofil-a adalah data harian selama dua tahun (2009 – 2010). Pemetaan pola sebaran SPL dan konsentrasi klorofil-a sebagai data pendukung dilakukan dengan *mendownload* data terlebih dahulu pada Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) Stasiun Parepare Sulawesi Selatan. Data lainnya yaitu data pendukung berupa data oseanografi yang diperoleh dari data sekunder serta data meteorologi berupa data curah hujan, arah dan kecepatan angin Perairan Selat Makassar yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Pusat Jakarta serta World Meteorological Organization (WMO).

Analisis Data

Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan cara *mendownload* citra SPL dan klorofil-a MODIS Level 1 wilayah Perairan Selat Makassar. Citra yang ada kemudian dipotong wilayahnya (*cropping*) dengan menggunakan perangkat lunak *Modis Project*. Wilayah yang dipotong adalah wilayah yang berada pada posisi antara 01°00'00" – 07°50'07" LS dan posisi 114°27'96" – 120°47'35" BT. Hasilnya diolah dengan menggunakan perangkat lunak *Modis Browser* dan keluaran (*output*) yang diinginkan berupa data ASCII (*.asc) yang didalamnya terdiri dari variabel bujur, lintang dan nilai estimasi suhu permukaan Laut (SPL) serta klorofil-a.

Proses selanjutnya yaitu pembuatan garis kontur untuk SPL dan klorofil-a yang dibuat dengan menggunakan perangkat lunak *Surfer 9.0* melalui menu *countur map* dengan cara mengoverlay kontur-kontur dari setiap citra yang terpilih.

Pengolahan data angin dimulai dengan *mendownload* data angin dengan format netcdf (*.nc). Data yang ada memiliki resolusi spasial berukuran 1,5° x 1,5°. Data yang digunakan adalah data perwakilan harian dari setiap bulan untuk tahun 2009 dan 2010 dengan interval 6 jam, yaitu : Pukul 00:00, 06:00, 12:00, dan 18:00. Selanjutnya dilakukan *cropping* sesuai dengan lokasi penelitian dengan perangkat lunak *Ocean Data View (ODV)*. Proses selanjutnya adalah dengan mengekstrak data berformat (*.nc) dengan menggunakan ODV menjadi data berformat teks (*.txt). Hasil yang diperoleh berupa data *u-wind at 10 meters [m/s]*, *v-wind at 10 meters [m/s]* harian yang terpilih dari setiap bulan pada tahun 2009 dan 2010 yang mewakili daerah Selat Makassar. Data bujur, lintang, *u-wind at 10 meters [m/s]*, *v-wind at 10 meters [m/s]* dengan format (*.txt) diproses dengan *Surfer 9.0* dengan cara grid data bulanan. Tahap selanjutnya yaitu *overlay* antara vektor (arah pergerakan angin) dengan *basemap* (darat) sehingga menghasilkan tampilan arah pergerakan angin.

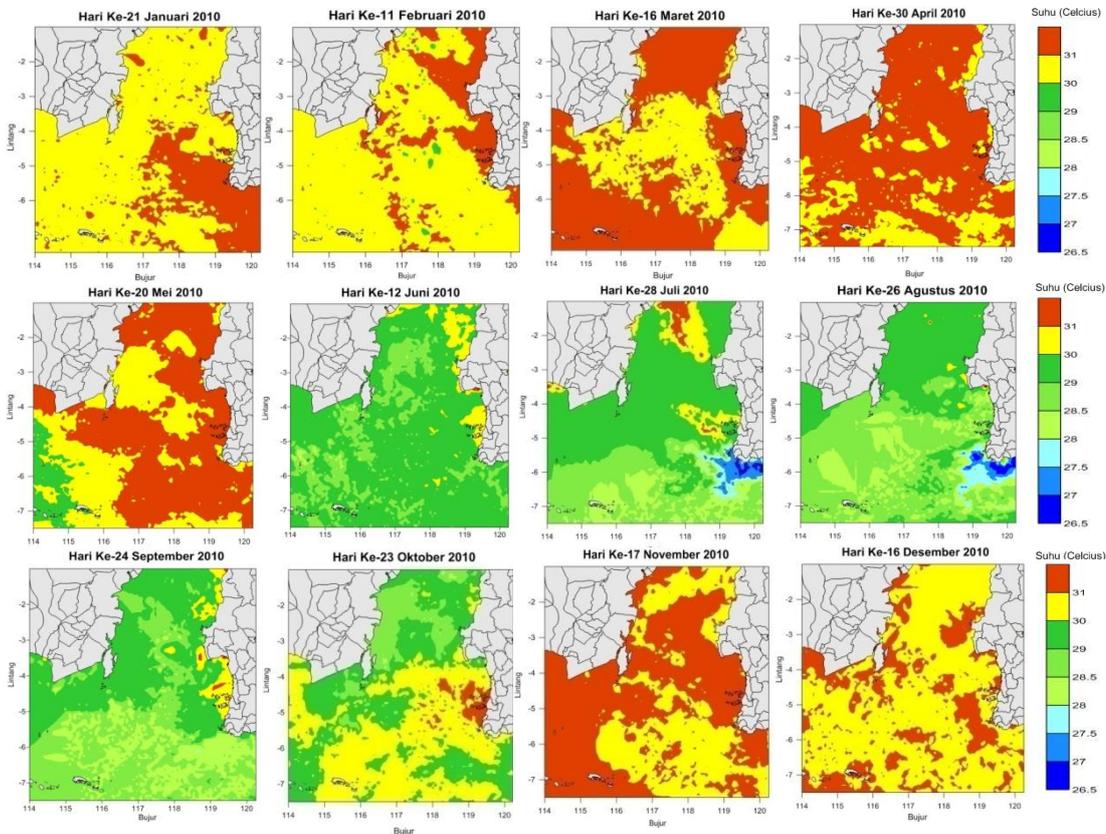
Data curah hujan diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Pusat Jakarta serta dari climate online Berau of Meteorology (BOM). Data tersebut merupakan jumlah curah hujan (mm) harian yang kemudian dirata-ratakan menjadi bulanan. Data tersebut kemudian ditampilkan dalam bentuk diagram dengan menggunakan *Microsoft Excell 2007*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola Sebaran Suhu Permukaan Laut (SPL)

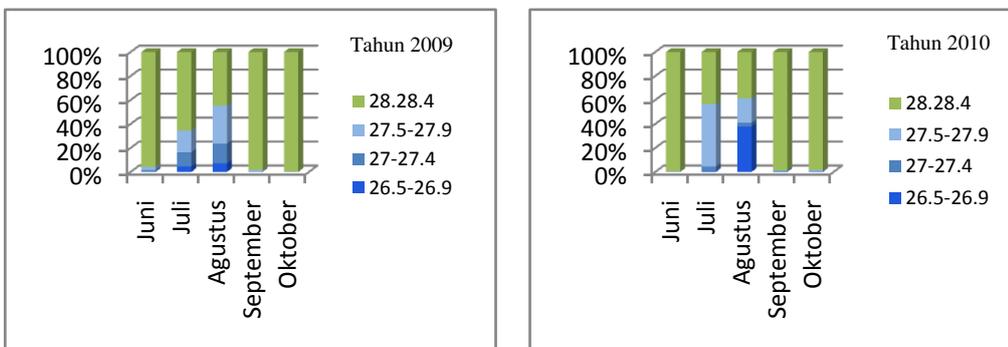
Hasil olahan citra satelit MODIS level 1 menunjukkan pola sebaran SPL yang berbeda di bagian selatan Perairan Selat Makassar. Namun, walaupun pola tiap bulannya berbeda tapi secara umum, variabilitas suhu di Perairan Selat Makassar tidak terlalu berbeda jauh atau nilai yang terlihat relatif homogen. Kisaran suhu yang terlihat berkisar antara 26-31°C. Secara spasial terlihat bahwa pola penyebaran SPL di bagian selatan Perairan Selat Makassar pada bulan Desember-Februari (musim barat) memperlihatkan penyebaran suhu yang relatif tinggi yaitu berada pada kisaran 29-31°C. Kisaran suhu yang relatif tinggi ini masih terlihat pula pada periode bulan Maret-April (musim

peralihan I). Memasuki awal periode musim timur yaitu bulan Mei mulai terlihat adanya gejala penurunan suhu di bagian selatan Selat Makassar. Penurunan ini pun semakin terlihat pada bulan Juni dan Juli yang mengindikasikan adanya gejala permulaan *upwelling*. Pada bulan Juli-Agustus fenomena ini semakin terlihat jelas dengan pola penyebaran suhu yang terstratifikasi dengan jelas secara melintang di bagian selatan Selat Makassar.



Gambar 1. Pola sebaran spasial SPL di bagian selatan perairan Selat Makassar tahun 2010

Pada periode bulan September-Oktober (musim peralihan II) sebaran SPL menunjukkan bahwa indikasi adanya *upwelling* semakin melemah yang ditandai dengan menurunnya luasan daerah *upwelling* dan naiknya nilai SPL di bagian selatan Selat Makassar jika dibandingkan dengan periode musim sebelumnya yaitu musim timur. Secara umum, fenomena *upwelling* pada musim timur dan peralihan II menunjukkan adanya pola sebaran SPL secara spasial yang dimulai dari bagian selatan Pulau Sulawesi yang kemudian meluas hingga laut Laut Flores. Kisaran SPL menurun signifikan 2°C hingga mencapai 26.52°C.



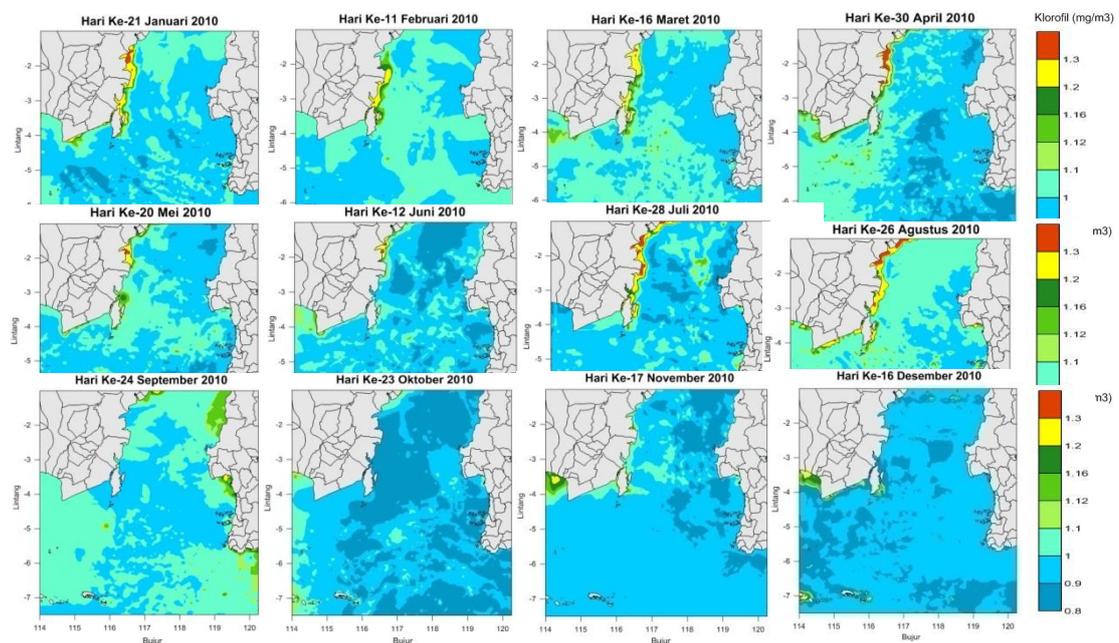
Gambar 2. Pola sebaran temporal SPL di bagian selatan perairan Selat Makassar

Hasil analisis persentase tingkat penyebaran SPL terlihat bahwa secara umum, kejadian *upwelling* pada tahun 2009 dan 2010 dimulai pada bulan Juni yang terjadi di bagian selatan Selat Makassar dan mencapai puncaknya pada bulan Agustus. Bulan Agustus memperlihatkan fenomena meluasnya suhu permukaan laut dengan nilai yang rendah yang mengindikasikan semakin memuncak dan meluasnya daerah sebaran *upwelling*.

Pola Sebaran Klorofil-a

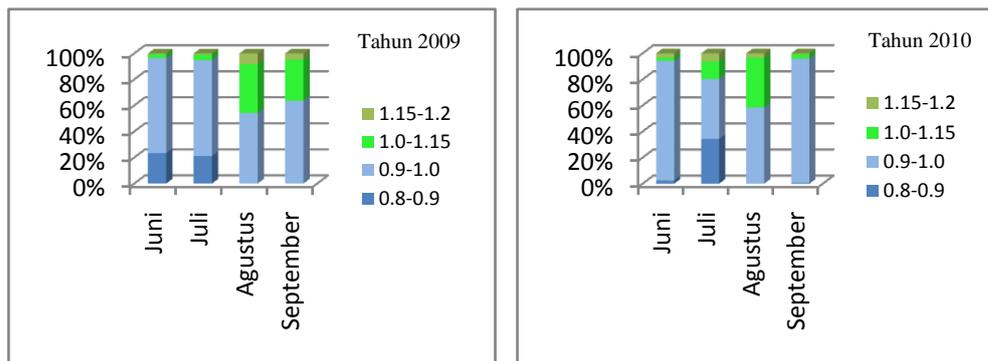
Secara spasial, tingkat konsentrasi klorofil-a terlihat berbeda untuk setiap musim. Pada musim timur yaitu pada periode bulan November-Februari terlihat bahwa tingkat konsentrasi klorofil-a di perairan Selat Makassar rata-rata lebih rendah jika dibandingkan dengan musim lainnya. Namun tingkat konsentrasi yang relatif tinggi ditemui di daerah pesisir. Hal ini diduga karena adanya pengaruh masukan nutrisi dari daratan yang disebabkan oleh tingkat curah hujan yang relatif tinggi pada musim ini. Pada periode bulan April-Mei (musim peralihan I) pola sebaran konsentrasi klorofil-a secara spasial rata-rata sama dengan musim barat.

Berdasarkan distribusi spasial konsentrasi klorofil-a pada periode musim timur yaitu terhitung sejak bulan Mei-Agustus terlihat bahwa pada awal musim timur di bulan Mei adanya tanda-tanda peningkatan konsentrasi klorofil-a di bagian selatan Selat Makassar belum terlihat. Konsentrasi klorofil-a meningkat dengan tingkat yang relatif tinggi mulai terlihat pada bulan Juni dan maksimum di periode bulan Agustus. Tingginya konsentrasi klorofil-a pada periode musim timur yang sebelumnya telah diawali dengan rendahnya SPL mengindikasikan terjadinya *upwelling*. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Wyrki (1961) dan Illahude (1978) yang menunjukkan bahwa *upwelling* pada daerah ini terjadi pada musim timur yaitu bulan Juni-Agustus. Pada awal musim peralihan II yaitu pada bulan September, pola penyebaran *upwelling* secara spasial masih terlihat jelas. Akhir musim peralihan II (Oktober) diperkirakan sebagai akhir dari fenomena *upwelling*, ini terlihat dari penampakan konsentrasi klorofil yang mulai menurun kembali di akhir musim peralihan II ini.



Gambar 3. Pola sebaran spasial Klorofil-a di bagian selatan perairan Selat Makassar tahun 2010

Pada bulan Juni terlihat bahwa pola sebaran konsentrasi klorofil-a yang relatif tinggi masih berada di sekitaran daerah pesisir khususnya bagian selatan Selat Makassar, sedangkan pada bulan Juli-Agustus pola penyebarannya mulai terlihat meluas ke arah barat daya pulau Sulawesi menuju Laut Flores dengan tingkat konsentrasi klorofil berkisar antara 0.8-1.2 mg/m³.



Gambar 4. Pola sebaran temporal Klorofil-a di bagian selatan perairan Selat Makassar

Analisis persentase tingkat penyebaran klorofil-a secara temporal di bagian selatan Selat Makassar tahun 2009 dan 2010 menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi klorofil dimulai sejak bulan Juni dimana konsentrasi klorofil mulai naik pada kisaran 0.8-0.9 mg/m³ yang kemudian memuncak pada bulan Agustus dengan nilai konsentrasi klorofil-a diatas 1.0 mg/m³. Adanya peningkatan konsentrasi klorofil-a ini terlihat jelas dengan meluasnya pola penyebaran di bagian selatan Selat Makassar. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan pola penyebaran yang terlihat pula di tahun 2009 dan ini menunjukkan bahwa indikasi adanya *upwelling* terjadi setiap tahun pada musim timur dengan pola penyebaran yang hampir sama.

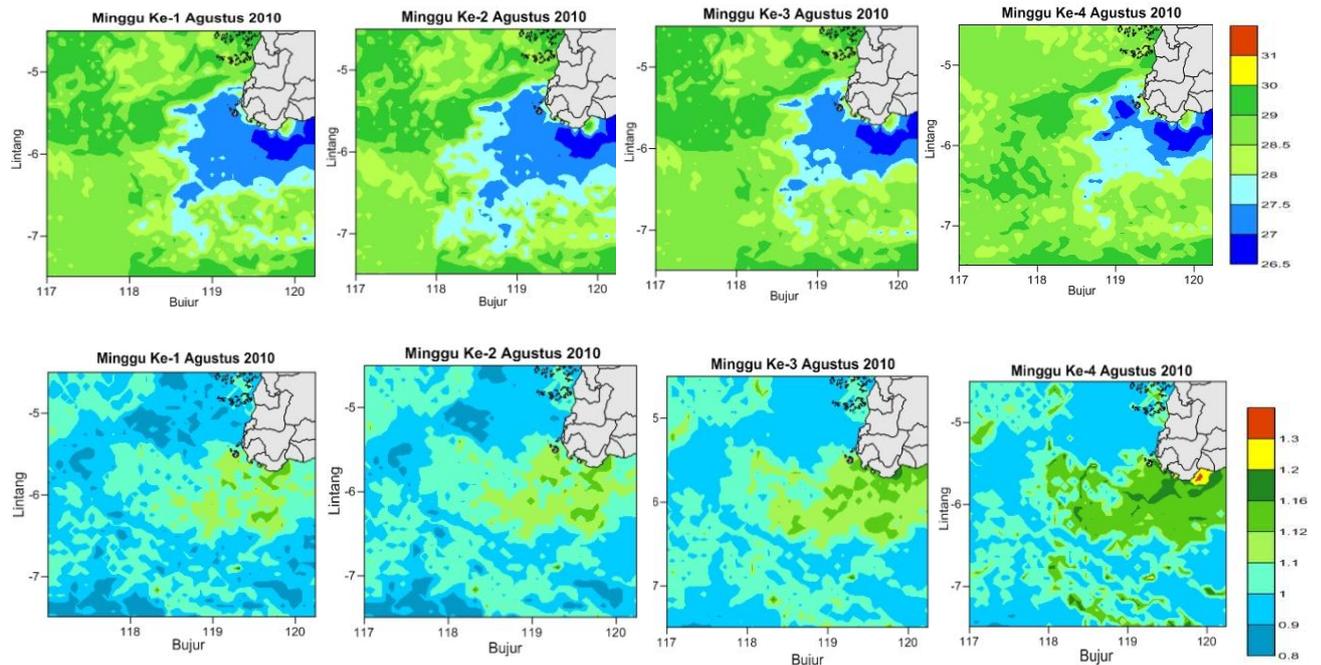
Fluktuasi *Upwelling*

Hasil analisis pola penyebaran SPL dan klorofil-a untuk tahun 2009 dan 2010 menunjukkan bahwa terbentuknya SPL rata-rata dimulai pada bulan Juni. Menurunnya SPL ini diikuti kemudian dengan meningkatnya konsentrasi klorofil-a yang menyebar di perairan bagian selatan Selat Makassar. Terbentuknya SPL untuk tahun 2010 dimulai pada minggu kedua bulan Juni kemudian memuncak pada minggu kedua Agustus dan berakhir di minggu kedua bulan Oktober. Terbentuknya SPL di minggu kedua bulan Juni ini diikuti dengan meningkatnya konsentrasi klorofil-a pada minggu keempat bulan Juni yang kemudian memuncak pada minggu keempat bulan Agustus dan berakhir di minggu keempat bulan September. Fenomena yang terjadi di tahun 2010 tidak jauh berbeda dengan yang ditemui di tahun 2009. Terbentuknya SPL di tahun 2009 dimulai pada minggu pertama bulan Juni yang kemudian memuncak di minggu kedua bulan Agustus dan berakhir di minggu ketiga bulan Oktober. Terbentuknya SPL di minggu pertama bulan Juni ini diikuti pula dengan meningkatnya konsentrasi klorofil-a pada minggu ketiga bulan Juni yang kemudian meningkat di minggu ketiga bulan Agustus dan berakhir pada minggu ketiga bulan September.

Berdasarkan analisis pola penyebaran suhu dan klorofil-a terlihat bahwa memuncaknya fenomena *upwelling* untuk tahun 2009 yang terjadi di bulan Agustus dimulai pada minggu kedua, hal ini ditunjukkan dengan semakin menurunnya SPL pada minggu kedua yang kemudian diikuti dengan meningkatnya konsentrasi klorofil pada minggu ketiga. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan pola penyebaran suhu dan klorofil-a untuk tahun 2010. Fenomena *upwelling* mulai memuncak pada minggu kedua Agustus yang ditunjukkan dengan semakin menurunnya SPL yang diikuti dengan meningkatnya konsentasi klorofil di minggu keempat Agustus.

Suhu (Celcius)

Klorofil (mg/m3)



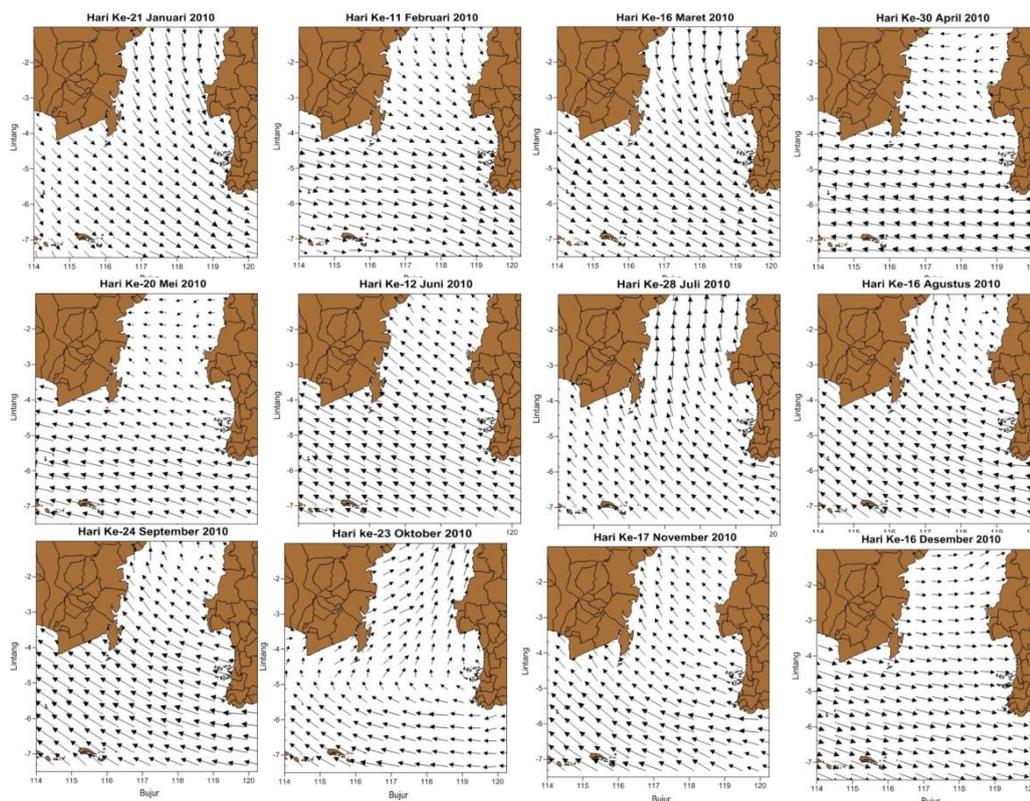
Gambar 5. Pola sebaran SPL dan Klorofil-a bulan Agustus 2010

Pada saat kejadian *upwelling* memuncak yaitu di bulan Agustus, pola penyebaran *upwelling* terlihat jelas mengarah ke arah barat daya Pulau Sulawesi. Terjadinya penurunan SPL dan peningkatan konsentrasi klorofil-a diikuti pula dengan meluasnya daerah sebaran *upwelling*. Meningkatnya total luasan daerah yang diindikasikan merupakan area *upwelling* untuk tahun 2009 tidak jauh berbeda dengan tahun 2010 dengan pola penyebaran mengarah ke arah barat daya sekitar 330 km dengan estimasi luasan mencapai sekitar $\pm 46.000 \text{ km}^2$.

Faktor yang Mempengaruhi Terjadinya *Upwelling*

Pola pergerakan angin di Indonesia pada umumnya mengikuti pergerakan musim. Setiap musim memiliki arah pergerakan angin yang berbeda-beda. Hasil analisis terhadap pola pergerakan angin menunjukkan bahwa Pada musim barat (Desember-Februari) pada tahun 2010 angin di selatan Selat Makassar dominan bergerak dari barat dan barat laut dengan kecepatan rata-rata 2.1 m/s dan maksimum 3.98 m/s. Pada musim peralihan I (Maret-April) pola pergerakan angin berasal dari utara (Maret) dan dari timur (April) dengan kecepatan rata-rata 2.08 m/s dan maksimum 3.5 m/s.

Pola pergerakan angin pada musim timur (Mei-Agustus) bergerak dari tenggara dengan kecepatan rata-rata lebih tinggi yaitu 4.23 m/s dan maksimum 6.41 m/s. Arah angin yang berasal dari tenggara pada musim timur ini yang kemudian didukung dengan pergerakan aliran massa air dari arah utara ke selatan Selat Makassar mengakibatkan *Ekman Transport* bergerak menuju barat daya (menjauhi pantai selatan Sulawesi). Hal ini mengakibatkan kekosongan massa air laut di permukaan dan diikuti dengan pengisian massa air laut dari kedalaman untuk mencapai keseimbangan permukaan air. Proses ini mengakibatkan terjadinya *upwelling* yang membawa unsur hara lebih banyak, salinitas lebih tinggi, dan suhu air laut lebih rendah. Pada musim peralihan II (September-November) terlihat bahwa pola pergerakan angin masih bergerak dari arah tenggara seperti yang terjadi pada musim timur.



Gambar 6. Pola pergerakan angin tahun 2010

Selain pola pergerakan angin, kecepatan angin juga ikut mempengaruhi pola penyebaran *upwelling* pada bagian selatan Selat Makassar. Pola pergerakan angin terlihat mulai berubah sejak bulan April, namun perubahan ini tidak langsung diikuti dengan bergesernya massa air di permukaan dan terangkatnya massa air dari bagian dalam ke bagian permukaan (*Ekman Transport*). Hal ini disebabkan oleh tingkat kecepatan angin. Pola pergerakan angin mulai berubah sejak bulan April namun tingkat kecepatan yang ada masih rendah yaitu 3,5 m/s seperti bulan sebelumnya sehingga belum cukup kuat untuk mendukung terjadinya *Ekman Transport*. Kecepatan angin mulai terlihat meningkat pada bulan Mei yaitu mencapai 6,39 m/s, kecepatan angin yang kuat di bulan Mei ini yang kemudian menyebabkan terdorongnya massa air di bagian permukaan yang kemudian diikuti dengan naiknya massa air dari bagian dalam ke permukaan. Proses ini terus berlanjut dan mulai nampak jelas fenomenanya di minggu kedua bulan Juni yang ditandai dengan penurunan SPL dan diikuti dengan peningkatan konsentrasi klorofil-a pada minggu keempat bulan Juni

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa sebaran nilai SPL di selatan Selat Makassar pada musim timur lebih tinggi dibandingkan dengan musim barat dengan rata-rata berkisar antara 26.5-31.2°C. Rendahnya nilai SPL pada periode musim timur (Mei-Agustus) diikuti dengan meningkatnya konsentrasi klorofil-a yang mengindikasikan adanya *upwelling* di selatan Selat Makassar. Pola penyebaran *upwelling* pada musim timur dimulai pada bulan Juni untuk setiap tahun 2009 dan 2010 dan memuncak di bulan Agustus serta berakhir pada bulan Oktober. Hasil pola distribusi spasial SPL dan konsentrasi klorofil-a di selatan perairan Selat Makassar pada musim timur juga menunjukkan bahwa pola penyebarannya bergerak ke arah barat daya dengan total estimasi luasan mencapai $\pm 46.000 \text{ km}^2$.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Djisman Manurung dan Bapak I Wayan Nurjaya atas arahan dan masukan selama penyusunan hasil penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Afdal dan S.H. Riyono. 2004. **Sebaran Klorofil-a Kaitannya dengan Kondisi Hidrologi di Selat Makassar.** Oseanologi dan Limnologi di Indonesia. 36 : 69-82.
- Illahude A. G. 1970. **On The Occurance of Upwelling in Southern Makassar Strait.** Marine Research in Indonesia. 10: 81-107.
- Illahude A. G. 1978. **On The Effecting The Productivity of The Southern Makassar Strait.** Marine Research in Indonesia. 21: 81-107.
- Kusbiandany, S. 2000. **Studi Karakteristik Massa Air Asal Samudera Pasifik di Perairan Timur Indonesia pada Bulan November-Desember 1996.** Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Hal : 37.
- Prisetiahadi, K. 1994. **Kondisi Oseanografi Perairan Selat Makassar pada Juli 1991 (Musim Timur).** Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Hal : 36.
- Rasyid, A. 2009. **Distribusi Kloril-a pada Musim Peralihan Barat-Timur di Perairan Spermonde Propinsi Sulawesi Selatan.** Sains dan Teknologi 9 (2) : 125.
- Riyono, S. H. 2006. **Klorofil Fitoplankton dan Produktivitas Primer.** Warta Oseanografi 20 (1) : 16-18.
- Wyrtki, K. 1961. **Physical Oseanography of The Southeast Asian Waters.** Naga Report. Vol 2. Scripps Institution of Oceanography. The University of California. La Jolla. California. 195 p.
- Yuwono, V. 2010. **Analisis Spasial dan Temporal Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a dari Citra Aqua Modis dengan Hasil Tangkapan Ikan di Perairan Selat Makassar.** Tesis. Institut Pertanian Bogor. Hal : 37.