

ANALISIS MULTITEMPORAL SEBARAN SUHU PERMUKAAN LAUT DI PERAIRAN LOMBOK MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH MODIS

Emiyati^{*)}, Kuncoro Teguh Setiawan^{*)}, Anneke KS. Manopo^{*)}, Syarif Budhiman^{*)}, Bidawi Hasyim^{*)}

^{*)} Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh – LAPAN

e-mail: emiyati@gmail.com

Abstract

Sea Surface Temperatures (SSTs) is one of the parameters that determine the water quality as it can affect the metabolism and the production of marine organisms. The use of MODIS remote sensing data for monitoring SST is very good because it has a high temporal resolution, so the indicator of periodic temperature changes can be seen and its distribution pattern can be analyzed. The purpose of this study was to analyze the distribution of SPL in Lombok waters using MODIS data Aqua / Terra temporally and spatially, from the year 2009 to 2013. The SST extraction of MODIS data used Minnet Brown algorithm (1999) and the temporal and spatial analysis was done by dividing the Lombok waters into northern and southern part. MODIS data processing results show monthly SST temporal variation patterns for five years in Lombok waters affected by monsoons and ENSO. The maximum SST value in the northern and southern of Lombok waters occurred in April (intermediate I) and the minimum in August (East monsoon). Annual SST distribution in Lombok waters formed a sinusoidal pattern and the northern of Lombok waters has a value that is higher than southern of Lombok waters. SST value trend for five years in the northern and southern of Lombok waters tend to decrease.

Key Words: *SST, MODIS, Lombok, Aqua/Terra*

Abstrak

Suhu Permukaan Laut (SPL) merupakan salah satu parameter yang menentukan kualitas perairan karena dapat mempengaruhi metabolisme dan perkembangbiakan organisme laut. Penggunaan data penginderaan jauh MODIS sangat baik untuk pemantauan SPL karena mempunyai resolusi temporal yang tinggi, sehingga gejala perubahan suhu secara berkala dapat dilihat dan pola sebarannya dapat dianalisis. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis sebaran SPL di perairan Lombok menggunakan data MODIS Aqua/Terra secara temporal dan spasial, dari tahun 2009-2013. Ekstraksi SPL dari data MODIS menggunakan algoritma Brown dan Minnet (1999) dan analisis yang dilakukan secara temporal dan spasial dengan membagi perairan Lombok menjadi utara dan selatan. Hasil pengolahan data MODIS menunjukkan variasi pola temporal SPL bulanan selama lima tahun di perairan Lombok dipengaruhi oleh angin musim dan ENSO. Nilai SPL maksimum di perairan utara dan selatan Lombok terjadi pada bulan April (peralihan I) dan minimum pada bulan Agustus (musim timur). Sebaran SPL di perairan Lombok selama satu tahun membentuk pola sinusoidal dan perairan utara Lombok mempunyai nilai SPL yang tinggi dibandingkan perairan selatan Lombok. Tren nilai SPL selama lima tahun di perairan utara dan selatan Lombok cenderung menurun.

Kata Kunci: *SPL, MODIS, Lombok, Aqua/Terra*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang mempunyai luas wilayah perairan sekitar 2.981.211 km² (KKP, 2011). Perairan Indonesia yang luas tersebut membutuhkan pemantauan dan kajian parameter kelautan untuk menjelaskan berbagai fenomena yang terjadi di laut. Salah satu parameter kelautan yang menentukan kualitas perairan adalah Suhu Permukaan Laut (SPL). Pada penelitian sebaran SPL secara temporal dan spasial, proses oseanografi seperti angin muson dan fenomena ENSO dapat mempengaruhi kondisi perairan. SPL juga merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi metabolisme dan perkembangbiakan organisme laut, sehingga dapat dimanfaatkan untuk penentuan lokasi budi daya laut. Salah satu contoh perairan yang membutuhkan kajian tentang SPL untuk usaha budi daya laut adalah perairan Pulau Lombok di Provinsi Nusa Tenggara Barat, dikarenakan Pulau Lombok merupakan salah satu kawasan yang ditetapkan oleh pemerintah sebagai kawasan usaha minapolitan budidaya kelautan

(Pijar, 2012).

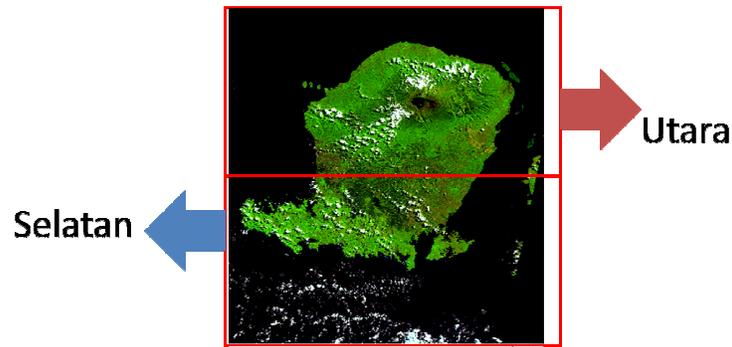
SPL dapat diperoleh dengan pengukuran langsung (*in situ*) atau menggunakan citra satelit penginderaan jauh. Sensor satelit penginderaan jauh mendeteksi radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh permukaan laut untuk melihat fenomena sebaran SPL. Radiasi yang dipancarkan umumnya berupa radiasi infra merah jauh (biasa disebut juga sebagai infra merah *thermal*) dengan panjang gelombang antara 8 – 15 μm . Radiasi infra merah *thermal* ini dapat melewati atmosfer tanpa diserap oleh gas dan molekul air yang berada di atmosfer, karena pada panjang gelombang antara 8 – 14 μm tersebut serapan yang terjadi di atmosfer cukup rendah. Sehingga, panjang gelombang infra merah *thermal* banyak digunakan untuk mendeteksi emisi permukaan sesuai dengan suhunya.

Citra penginderaan jauh MODIS dari satelit Aqua/Terra dapat dimanfaatkan untuk pemantauan dan kajian SPL karena mempunyai band *thermal* dan resolusi temporal yang tinggi, sehingga dinamika perubahan SPL dapat diamati secara kontinu. MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) adalah salah satu sensor dari satelit Aqua/Terra. Satelit Aqua/Terra ini mengamati seluruh permukaan bumi satu hingga dua hari. Sensor MODIS yang terdapat pada satelit Aqua/Terra mempunyai 36 band *spectral* yang terdiri dari (1-19) band tampak, inframerah pada band 26 dan sisanya adalah band *thermal* (Ayu et al, 2012). Melalui beberapa band *thermal* tersebut dapat diekstrak nilai suhu permukaan lautnya. Penelitian mengenai ekstraksi SPL dengan data MODIS telah dilakukan diantaranya oleh Annas (2009) tentang pemanfaatan data satelit MODIS untuk menentukan suhu permukaan laut dan Ayu et al (2012) yang meneliti tentang perubahan SPL di Pulau Jawa, Madura dan Bali.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sebaran SPL di perairan Lombok menggunakan data MODIS Aqua/Terra secara temporal dan spasial, dari tahun 2009-2013. Penelitian ini memberikan informasi pola sebaran SPL secara temporal dan spasial selama kurun waktu lima tahun tersebut. Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan bidang kelautan seperti misalnya untuk keperluan budidaya laut maupun informasi lokasi penangkapan ikan.

2. Metodologi

Lokasi penelitian adalah perairan Lombok pada posisi $8^{\circ}00' - 9^{\circ}25' \text{ LS}$ dan $115^{\circ}75' - 116^{\circ}85' \text{ BT}$ seperti yang terlihat pada Gambar 2-1. Kemudian lokasi ini dibagi menjadi Lombok bagian utara dan selatan untuk analisis fenomena SPL. Hal tersebut dilakukan karena dua wilayah perairan tersebut memiliki kondisi yang berbeda, dimana perairan utara lebih dominan dipengaruhi oleh perairan pedalaman Indonesia dan arus lintas Indonesia (*Indonesian through flow*) yang melalui Selat Makassar, serta kedalaman perairan yang lebih dangkal. Perairan Selatan lebih dipengaruhi oleh kondisi perairan luas yang ada di Samudera Hindia dan perairannya relatif lebih dalam dibandingkan dengan perairan bagian utara Pulau Lombok.



Gambar 2-1. Lokasi penelitian di perairan Lombok, NTB berdasarkan citra Landsat; untuk Analisis lokasi penelitian ini dibagi menjadi bagian utara dan selatan.

Data yang digunakan adalah data harian citra MODIS Aqua/Terra level 2 dari bulan Desember 2008 - November 2013 yang bertujuan untuk melihat siklus musiman sebaran SPL selama lima tahun. Data Pendukung yang digunakan dalam penelitian ini adalah data arah dan kecepatan angin, data bulanan fenomena ENSO diperairan Lombok selama lima tahun (2008-2012) dan data vector skala 1:1000.000 untuk *masking* darat.

Data citra MODIS level 2 yang digunakan untuk penelitian ini harus memiliki tutupan awan rendah pada lokasi penelitian. Pengolahan data citra MODIS untuk ekstraksi SPL menggunakan perangkat lunak SEADAS (SeaWiFS Data Analysis System) 6.2. Perangkat lunak ini dapat beroperasi menggunakan sistem operasi: Macintosh OSX 10.3/10.4, CentOS 4.2, Fedora Core 4/2, Red Hat 7.3, dan Solaris 2.7/2.8. Pada pemrosesan ini menggunakan sistem operasi linux Fedora Core 2. Seadas juga dapat beroperasi di sistem operasi Windows dengan menggunakan *software virtual machine* dengan sistem operasi ubuntu.

Tahapan pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 2-2. Tahapan pengolahan data secara garis besar dapat dibagi menjadi dua, yaitu pengolahan awal dan lanjut. Pengolahan awal terdiri dari kalibrasi radiometri dengan mengubah nilai *digital number* (DN) menjadi suhu permukaan laut, *masking* darat dan awan. Perhitungan SPL dari citra MODIS Aqua/Terra menggunakan algoritma Brown dan Minnet (1999), yaitu:

$$SST = c_1 + c_2 * T_{31} + c_3 * T_{3132} + c_4 * (\sec(\theta) - 1) * T_{3132} \quad (1)$$

Dimana T_{31} = suhu kecerahan band 31

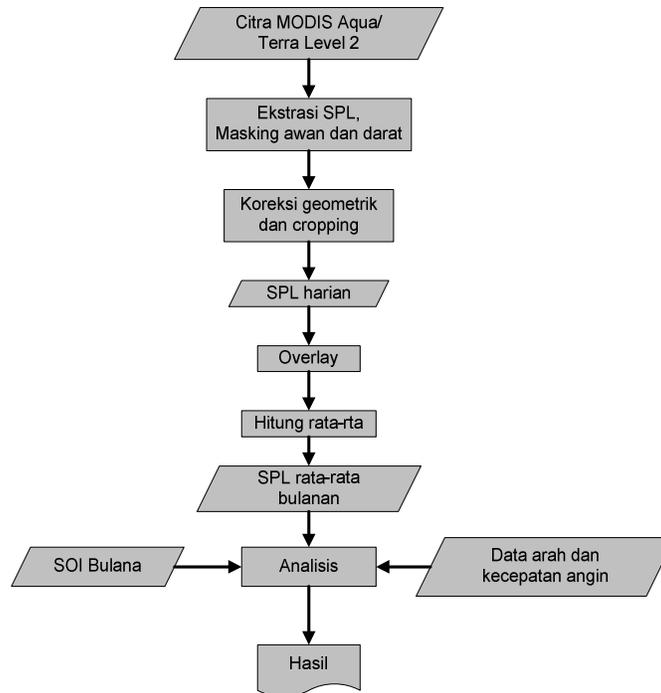
T_{3132} = perbedaan suhu kecerahan (band 32-band 31)

θ = sudut zenith satelit

Tabel 2-1. Koefisien Non Linear SST untuk algoritma sst

Satellit	Time	Koefisien			
		c_1	c_2	c_3	c_4
Aqua	Day	1.152	0.960	0.151	2.021
Terra	Day	1.052	0.984	0.130	1.860

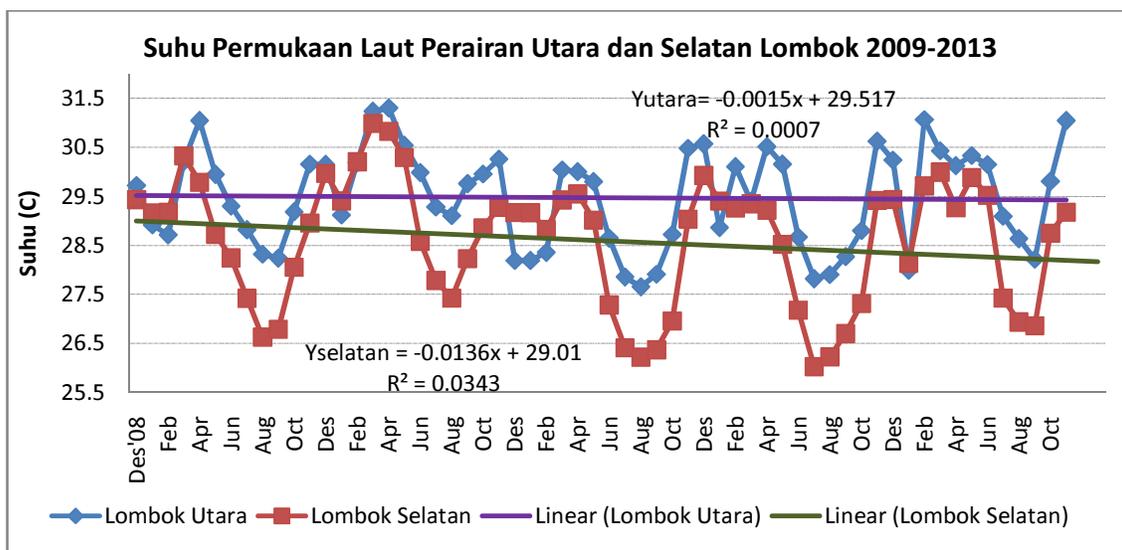
Kemudian dilakukan koreksi geometris dan cropping sesuai dengan lokasi penelitian sehingga diperoleh raster SPL harian. Raster SPL harian tersebut kemudian dioverlay selama satu bulan sehingga mendapatkan raster SPL bulanan. Kemudian dari SPL bulan dicari SPL rata-rata bulannya dan dianalisis secara temporal dan spasial dan dilihat pengaruh angin dan SOI (*Southern Oscillation Index*) bulanan dari tahun 2009-2013 terhadap nilai SPL tersebut.



Gambar 2-2. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

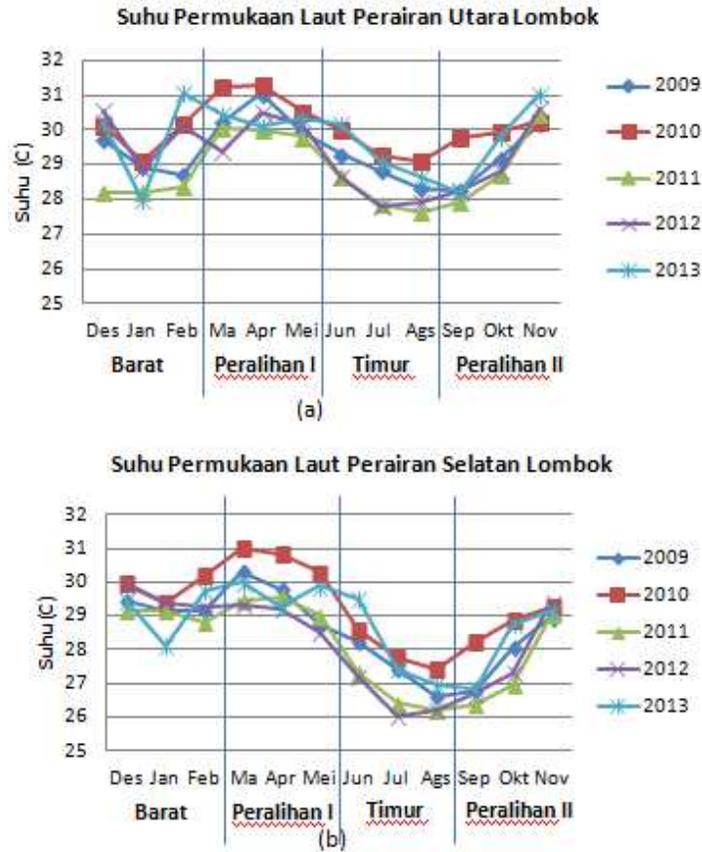
Secara temporal fluktuasi nilai SPL di perairan Lombok dapat dilihat pada grafik Gambar 3-1. Nilai SPL selama 5 tahun di perairan Lombok berkisar 26° - 31.3° C dengan rata-rata 29° C. Nilai SPL maksimum di perairan utara Lombok selama lima tahun terjadi pada bulan April 2010 yaitu 31.3° C sedangkan nilai SPL minimumnya terjadi pada bulan Agustus 2011. Nilai SPL maksimum di perairan selatan Lombok selama lima tahun terjadi pada bulan April 2010 yaitu 31° C dan nilai minimumnya terjadi pada bulan Juli yaitu 26° C. Rata-rata nilai SPL di perairan utara Lombok adalah 29.5° C dengan nilai variasi 1 dan di perairan selatan Lombok adalah 28.6° C dengan nilai variasi 1.6. Dengan demikian nilai SPL di perairan utara Lombok lebih seragam dibandingkan di perairan selatan Lombok.



Gambar 3-1. Grafik SPL perairan utara dan selatan Lombok selama lima tahun dan garis trennya.

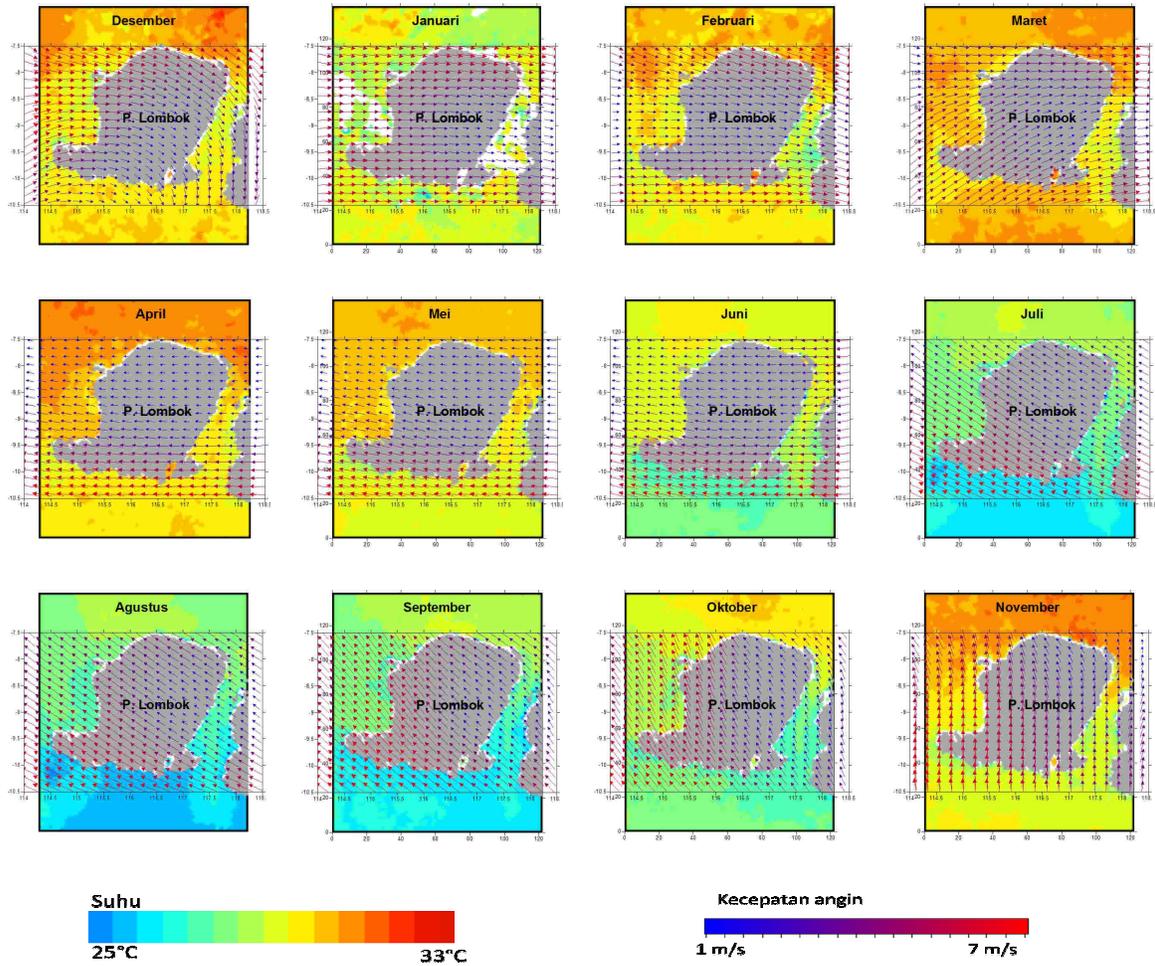
Berdasarkan analisis deret waktu perairan Lombok bagian utara mempunyai nilai SPL yang tinggi dibandingkan dengan perairan Lombok bagian selatan. Hal tersebut disebabkan karena pengaruh yang tinggi dari musim timur terhadap perairan di Samudera Hindia yang menurunkan suhu permukaan laut di kawasan tersebut, terutama di puncak musim timur yaitu pada bulan juni-september. Penurunan SPL pada musim tersebut kemudian juga mempengaruhi kondisi SPL di perairan selatan pulau Lombok. Selain itu juga kondisi di perairan selatan antara pulau Jawa dan kepulauan Nusa Tenggara yang banyak terjadi fenomena upwelling, menyebabkan turunnya kondisi suhu permukaan laut pada perairan tersebut. Sedangkan kondisi perairan pedalaman Indonesia, seperti Laut Jawa dan Selat Makassar, memiliki nilai suhu permukaan laut yang relatif lebih hangat sepanjang tahun dibandingkan di perairan samudera, dikarenakan kondisi perairan yang lebih dangkal dan cukup tertutup oleh pulau-pulau besar. Tren nilai SPL selama lima tahun di perairan utara dan selatan Lombok cenderung menurun.

Analisis tahunan nilai SPL di perairan utara dan selatan Lombok dapat dilihat pada grafik Gambar 3-2. Pada Gambar 3-2 terlihat bahwa ada variasi musiman pada nilai SPL. Variasi musiman tersebut dapat dikelompokkan berdasarkan pola umum angin di Indonesia, yaitu musim barat, peralihan 1, musim timur dan peralihan 2 (Wyrtki, 1961). Secara umum nilai SPL maksimum di perairan utara dan selatan Lombok terjadi pada bulan April (peralihan I) dan minimum pada bulan Agustus (musim timur). Berdasarkan analisis siklus deret waktu tahunan dari tahun 2009-2013 pola nilai SPL di perairan utara dan selatan Lombok berbentuk sinusoidal. Nilai SPL membentuk parabolic positif terjadi pada musim barat (Desember-April) dan parabolik negative terjadi pada musim timur (April-November). Parabolik positif terjadi karena adanya peningkatan SPL dari bulan Januari-April. Parabolik negative terjadi karena adanya penurunan nilai SPL pada bulan April-Agustus yang kemudian meningkat kembali pada bulan Agustus-November.



Gambar 3-2. SPL perairan utara dan selatan Lombok untuk masing-masing tahun dari tahun 2009-2013. (a) SPL perairan Utara Lombok dan (b) SPL perairan Selatan Lombok

Pola musim yang terjadi di perairan utara dan selatan Lombok dipengaruhi oleh pola pergerakan dan kecepatan angin muson. Pola pergerakan angin muson tersebut akan mempengaruhi sebaran SPL di perairan utara dan selatan Lombok. Pergerakan muson yang mempengaruhi pola sebaran SPL di perairan Lombok dapat dilihat secara spasial pada Gambar 3-3. Pola pergerakan angin pada Gambar 3-3 menunjukkan bahwa di perairan Lombok di pengaruhi oleh empat musim yaitu musim barat, musim peralihan I, musim timur, dan musim peralihan II. Hal ini diketahui berdasarkan pola pergerakan dan kecepatan angin, dimana musim barat di perairan Lombok terjadi pada bulan Desember sampai Februari, musim peralihan I pada bulan Maret-Mei, musim timur pada bulan Juni-Agustus, dan musim peralihan II terjadi pada bulan September-November. Sebaran SPL jika dihubungkan dengan adanya pergerakan arah dan kecepatan angin akan memperkuat pernyataan bahwa tinggi atau rendahnya nilai SPL dipengaruhi oleh angin dan perubahan musim.

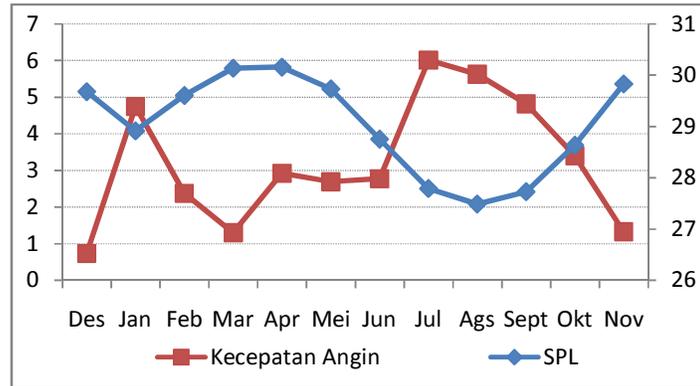


Gambar 3-3. Sebaran spasial SPL dan arah angin rata-rata bulanan 5 tahun di perairan Lombok

Selain melihat dinamika SPL secara temporal, Gambar 5 juga dapat menunjukkan dinamika spasial SPL di perairan Lombok. Pada gambar 5 terlihat bahwa peningkatan nilai SPL umumnya jelas terlihat di perairan bagian utara Pulau Lombok, sehingga di sepanjang tahun konsentrasi SPL di perairan utara Lombok lebih tinggi dibandingkan selatannya. Hal ini terlihat dari degradasi warna dari hijau ke merah pada perairan utara Lombok dan dari biru ke orange pada perairan selatan Lombok. Rendahnya nilai SPL di perairan selatan Lombok berhubungan langsung dengan Samudera Hindia yang merupakan daerah *upwelling* yang paling intensif. Fenomena *upwelling* yang terjadi di perairan Lombok karena adanya perbedaan pola pergerakan arah dan kecepatan angin dari perubahan siklus angin musim yang terbagi menjadi empat siklus musim. Menurut Susanto et. al (2006) variasi musiman terjadi karena adanya system angin musoon Asia-Australia, dimana musim timur dari Juli-September suhunya lebih dingin di laut Banda, Arafura, Jawa dan Nusa Tenggara dibandingkan dengan musim barat.

Hubungan antara nilai SPL dengan kecepatan angin dapat dilihat pada grafik Gambar 3-4. Pada Gambar 3-4 terlihat bahwa nilai SPL berbanding terbalik dengan kecepatan angin. Saat SPL meningkat maka kecepatan angin rendah dan sebaliknya. Secara geografis perairan utara Lombok berbatasan dengan

Laut Bali dan selatan perairan Lombok berbatasan dan Samudera Hindia. Mulut bagian utara perairan Lombok merupakan perairan yang dangkal, sedangkan bagian selatan merupakan perairan yang dalam yang berhubungan langsung dengan Samudera Hindia, sehingga kondisi perairan Lombok lebih banyak dipengaruhi oleh sifat perairan Samudera Hindia dibandingkan Laut Bali. Hal ini disebabkan oleh kecepatan pergerakan angin yang tinggi dari Samudera Hindia ke Laut Bali. Perubahan yang dialami perairan Lombok akan sama dengan perubahan yang dialami Samudera Hindia, dimana pada saat musim timur terjadi proses penaikan massa air yang kaya akan unsur hara. Wyrski (1962) dalam Wudianto (2001) juga menyebutkan pada musim timur terjadi proses penaikan massa air di sepanjang pantai selatan Jawa, Bali sampai Sumbawa.



Gambar 3-4. Grafik SPL dan angin rata-rata bulanan 5 tahun di perairan Lombok

Nilai SPL dapat dipengaruhi juga oleh fenomena ENSO yang memiliki dua fase yang berbeda yaitu *El Nino* dan *La Nina* (Susanto et al., 2006). Kedua fase ini dapat diketahui terjadi melalui nilai SOI (*Southern Oscillation Index*). Penentuan terjadinya *El Nino* dan *La Nina* didasarkan pada fluktuasi nilai SOI, yang dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan fluktuasi SOI pada Desember 2008 – November 2013 (Tabel 3-1) dan penggolongan fenomena SOI (Tabel 3-2), pada bulan Oktober 2009 - Maret 2010 terjadi fenomena *El Nino* lemah-sedang dan pada Juli-Desember 2010 terjadi fenomena *La Nina* kuat.

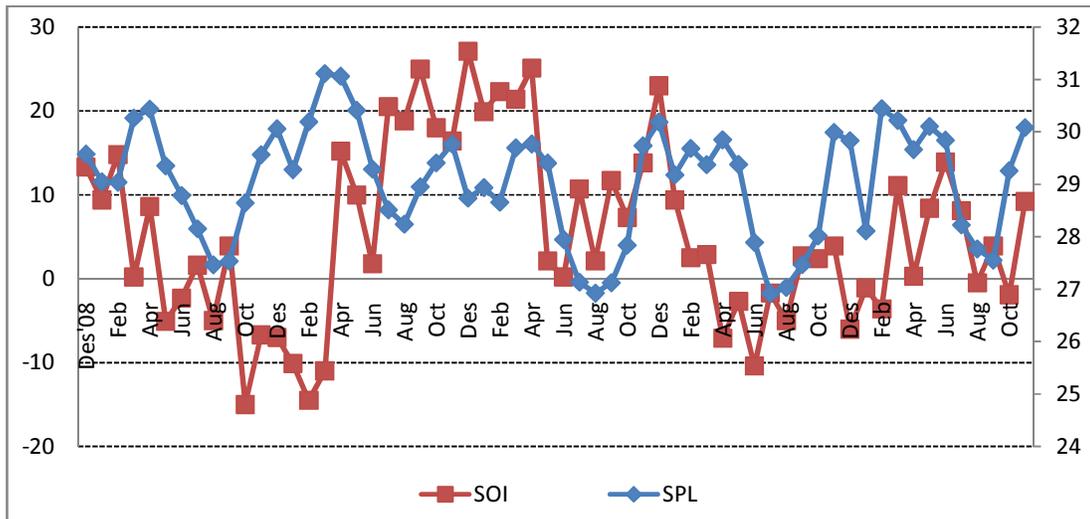
Tabel 3-1. Nilai SOI dan fenomena yang akan terjadi (Australian Meteorological Service, 2001)

Nilai SOI (P Tahiti-P Darwin)	Fenomena yang akan terjadi
Di bawah -10 selama 6 bulan	<i>El Nino</i> kuat
- 5 s/d - 10 selama 6 bulan	<i>El Nino</i> lemah-sedang
- 5 s/d + 5 selama 6 bulan	Normal
+ 5 s/d + 10 selama 6 bulan	<i>La Nina</i> lemah-sedang
Di atas + 10 selama 6 bulan	<i>La Nina</i> kuat

Tabel 3-2. Nilai SOI pada Desember 2008 – November 2013 (Australian Government Bureau of Meteorology 2013)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
2008												13.3
2009	9.4	14.8	0.2	8.6	-5.1	-2.3	1.6	-5	3.9	-15	-6.7	-7
2010	-10.1	-14.5	-11	15.2	10	1.8	20.5	18.8	25	18	16.4	27.1
2011	19.9	22.3	21.4	25.1	2.1	0.2	10.7	2.1	11.7	7.3	13.8	23
2012	9.4	2.5	2.9	-7.1	-2.7	-10.4	-1.7	-5	2.7	2.4	3.9	-6
2013	-1.1	-3.6	11.1	0.3	8.4	13.9	8.1	-0.5	3.9	-1.9	9.2	

Hubungan nilai SPL dengan SOI selama 5 tahun dapat dilihat pada Gambar 3-5. Berdasarkan hasil analisis hubungan antara nilai SOI dengan SPL di perairan Lombok menunjukkan bahwa fenomena *El Nino* lemah-sedang pada bulan Oktober-Maret menyebabkan peningkatan nilai SPL pada tahun 2010 dibandingkan tahun yang lain. Sedangkan fenomena *La Nina* kuat yang terjadi pada bulan Juli 2010 – April 2011 diduga menyebabkan nilai SPL pada tahun 2011 di perairan Lombok memiliki nilai terendah dibandingkan tahun lainnya.



Gambar 3-5. Hubungan nilai SPL dan SOI selama 5 tahun di perairan Lombok

4. Kesimpulan

Secara umum nilai SPL maksimum di perairan utara dan selatan Lombok terjadi pada bulan April (peralihan I) dan minimum pada bulan Agustus (musim timur). Sebaran SPL di perairan Lombok selama satu tahun membentuk pola sinusoidal. Perairan Lombok bagian utara mempunyai nilai SPL yang tinggi dibandingkan dengan perairan Lombok bagian selatan. Tren nilai SPL selama lima tahun di perairan utara dan selatan Lombok cenderung menurun. Tinggi atau rendahnya nilai SPL dipengaruhi oleh angin, perubahan musim dan ENSO.

5. Daftar Rujukan

- Annas, Rifqi. 2009. *Pemanfaatan Data Satelit MODIS untuk Menentukan Suhu Permukaan Laut*. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
- Ayu, Dwi., Bangun M.S, dan Lalu M. J. 2012. *Studi Perubahan Suhu Permukaan Laut*. Program Studi teknik Geomatika ITS
- Australian Government Bureau of Meteorology. 2008. <http://www.bom.gov.au/climate/IOD>. (diunduh tanggal 10 November 2013:10.56 am).
- Brown, O.B dan P.J, Minnet. 1999. *Modis Infrared Sea Surface Temperature Algorithm, Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) 25 Version 2.0*. University of Miami.
- Gaol JL. 2003. [Disertasi] *Kajian Karakteristik Oseanografi Samudera Hindia Bagian Timur Dengan Menggunakan Multi Sensor Citra Satelit Dan Hubungannya Dengan Hasil Tangkapan Ikan Tuna Mata Besar (Thunnus obesus)*. Bogor. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Pijar. 2012. *Evaluasi Kegiatan Program 2011 dan Rencana Kinerja Tahun 2012*. Pemerintah Provinsi Nusa Tenggara Barat
- Susanto, Dwi., Thomas S.M., dan John Marra. 2006. *Ocean color variability in the Indonesian Seas during the SeaWiFs era*. Electronic Journal of The Earth Sciences
- Wudianto. 2001. [Disertasi] *Analisis Sebaran dan Kelimpahan Ikan Lemuru (Sardinella lemuru Bleeker 1853) di Perairan Selat Bali : Kaitannya Dengan Optimasi Penangkapan*. Bogor. Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Wyrtki K. 1961. *Physical Oceaography of South East Asia Waters*. Naga Report. Vol 2. Scripps Institution of Oceanography La Jolla California. The University of California.
- Wyrtki K. 1962. *The Upwelling In The Region Between Java And Australia During The Southeast Monsoon*. J, Mar Freshw Res.