

**PEMODELAN DISTRIBUSI SALINITAS DAN SUHU PERMUKAAN LAUT
PERAIRAN SELAT BALI BAGIAN SELATAN PADA MUSIM TIMUR**

Arindri Diesty Hernomo, Purwanto, Jarot Marwoto*)

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedharto, S.H, Tembalang, Semarang
Email : arindridiesty@gmail.com

Abstrak

Bagian penting dari gambaran oseanografi adalah deskripsi distribusi parameter suhu dan salinitas laut yang mempengaruhi sifat fisika, kimia dan biologi perairan. Memasuki musim timur, Perairan Selat Bali memiliki pola kesuburan yang ditandai dengan rendahnya suhu permukaan dan tingginya salinitas perairan. Tujuan dari penelitian ini adalah memodelkan sebaran suhu dan salinitas lapisan permukaan Perairan Selat Bali bagian selatan secara horizontal pada musim timur. Sebaran suhu dan salinitas disimulasikan menggunakan modul RMA2 dan RMA4 dalam software SMS 8.1 dan 11.1. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dan penentuan lokasi menggunakan metode purposive sampling. Hasil simulasi sebaran salinitas di Perairan Selat Bali bagian selatan menunjukkan salinitas bergerak menyebar dari selatan ke barat daya nilainya semakin tinggi (30 – 33,9 psu) dan suhu pada lapisan permukaan menunjukkan pola sebaran dari selatan ke utara nilainya semakin tinggi (28 – 30°C). Pola sebaran tersebut dipengaruhi oleh adanya proses adveksi-difusi di perairan.

Kata kunci : Pemodelan, Salinitas, Suhu, Pola Sebaran

Abstract

The important thing in oceanography interpretation is the description of distribution from ocean parameters temperature and salinity that determining physis, chemical and biology process in ocean. Bali Strait in the east monsoon season has ocean fertility pattern, its low surface water temperature and high salinity. Aim of this research is simulating the horizontal distribution of surface water temperature and salinity of Bali Strait in the east monsoon. Surface water temperature and salinity distribution is simulated into mathematical model using software Surface Water Modeling System (SMS) 8.1 and 11.1 in RMA2 and RMA4 modules. This research used the descriptive method and the location determination used the purposive sampling method. The simulation result of surface water salinity distribution show the distribution goes in south to west direction, from low concentration to high concentration (30-33,9 psu) and simulation of water surface temperature show the distribution pattern goes in south to north from low to high (28 – 30°C). The distribution pattern is influenced by advection-diffusion process in the water.

Keyword : Simulation, Salinity, Temperature, Distribution

1. PENDAHULUAN

Pengamatan suhu dan salinitas merupakan parameter yang tidak dapat ditinggalkan dalam hampir setiap penelitian di laut. Nurhayati (2006) menjelaskan, berbagai aspek distribusi parameter seperti reaksi kimia dan proses biologi merupakan fungsi dari suhu sehingga suhu menjadi suatu variabel yang menentukan, sedangkan salinitas adalah faktor penting bagi penyebaran organisme perairan laut.

Perairan Selat Bali yang menghubungkan dua perairan besar yakni massa air Laut Jawa dan Samudra Hindia, menjadikan Selat Bali memiliki wilayah perairan yang dinamis terhadap perubahan musim. Saat musim timur Perairan Selat Bali bagian selatan pada lapisan permukaannya lebih didominasi oleh suhu permukaan yang rendah dan salinitas tinggi akibat pasokan massa air dari Samudra Hindia.

Sebaran suhu maupun salinitas sangatlah kompleks, sehingga dibutuhkan metode yang baik untuk menyederhanakan, salah satunya metode model numerik. Penggunaan model simulasi ini ialah untuk membantu menggambarkan kondisi lapangan dalam area luasan dan kurun waktu tertentu. Pengkajian dilakukan dengan pemodelan komputer menggunakan *software Surface Water Modeling System (SMS)*. Dalam melakukan pemodelan pola sebaran di laut, proses fisika dimodelkan secara numerik harus disederhanakan dengan melakukan pendekatan-pendekatan agar solusi numerik bisa diperoleh dan juga di buat batasan-batasan agar pembahasan tidak keluar dari tujuan penelitian.

Tujuan dari penelitian di kawasan Perairan Selat Bali di bagian selatan ini ialah pemodelan untuk mengetahui simulasi sebaran suhu dan salinitas pada lapisan permukaan perairan secara horisontal dengan kondisi pada saat musim timur. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai lokasi penelitian serta mengenai pemodelan sebaran salinitas dan suhu permukaan laut dengan pemanfaatan daerah kajian.

2. MATERI DAN METODE PENELITIAN

A. Materi Penelitian

Materi berupa data yang diambil langsung di lapangan (*insitu*) dan data yang digunakan sebagai inputan untuk model 2D. Data pengukuran lapangan yang diambil pada tiap stasiun pengukuran meliputi suhu permukaan laut (SPL), salinitas, arus permukaan laut, kedalaman perairan dan koordinat lokasi tiap stasiun pengukuran. Data untuk inputan model 2D meliputi pasang surut harian diperoleh dari data *NAOtide* yang telah diverifikasi dengan data lapangan Stasiun Pasang Surut Pelabuhan Pengembangan Bali, data batimetri dari peta batimetri yang diterbitkan tahun 2002 oleh Dinas Hidro Oseanografi (Dishidros) TNI AL, dan data angin dari BPOL.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini sebelumnya dilakukan studi literatur terlebih dahulu untuk mengetahui kondisi lokasi penelitian secara umumnya. Studi literatur dilakukan dengan mencari informasi terkini (*up date*) mengenai lokasi penelitian melalui jurnal-jurnal penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di lokasi yang sama. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif, menurut Fathoni (2006) metode deskriptif yakni metode penelitian yang dilakukan dengan mengadakan pemeriksaan dan pengukuran-pengukuran terhadap gejala-gejala tertentu.

C. Metode Pengambilan Data

Penentuan Lokasi Penelitian dan Titik Koordinat Lokasi

Penentuan lokasi menggunakan metode pertimbangan (*Purposive Sampling Method*). Penentuan lokasi pengukuran dilakukan dengan melihat peta perairan Selat Bali dan data batimetri sekunder perairan, dari data tersebut ditentukan daerah yang dianggap dapat mewakili kondisi daerah Perairan Selat Bali bagian selatan yang berdekatan dengan Samudra Hindia serta memperhatikan kemudahan pencapaian. Untuk mengetahui posisi stasiun pengukuran data insitu serta pemetaan karakteristik pantai digunakan alat *Global Positioning System (GPS Receiver)*.

Pengukuran Data Salinitas dan Suhu Permukaan Laut

Pengukuran salinitas dan suhu permukaan laut insitu dilakukan menggunakan alat *WaterQuality Checker(WQC)* pada permukaan perairan. Kedalaman yang dijangkau antara 1-5 m. WQC yang digunakan ialah merk TOA-DKK Model WQC-24, alat ini dimasukkan ke perairan antara kedalaman 0-5 m untuk mengukur suhu dan salinitas. Hasil pengukuran dilihat kemudian dicatat.

Pengukuran Arus Permukaan

Pengukuran arah dan kecepatan arus dilakukan dengan cara melepaskan bola duga. Prinsip kerja alat ini dengan menggunakan metode *Lagrange* dilakukan dengan pengamatan gerakan massa air permukaan dalam rentang waktu tertentu menggunakan pelampung. Kecepatan diperoleh dengan menghitung panjang tali pengikat pelampung yang bergerak terbawa arus dalam waktu 1 menit. Pengukuran arah arus dilakukan dengan menembak arah gerak bola setelah rentang waktu 1 menit menggunakan kompas tembak.

D. Metode Pengolahan Data

Pengolahan Data Lapangan dan Data Sekunder

Data suhu dan salinitas permukaan yang diperoleh dari pengukuran lapangan selama 4 hari diolah menggunakan *software Ocean Data View(ODV)*. Pengolahan data pasang surut dilakukan untuk mendapatkan komponen pasang surut dan konstanta pasang surut (bilangan Formzahl) menggunakan perhitungan metode Admiralty.

Simulasi Model Matematik

Sebaran SPL dan salinitas disimulasikan ke dalam model matematis dengan menggunakan *software SMS 8.1 & 11.1 (Surface Water Modeling System)*, yakni modul RMA2 yang menampilkan simulasi pola arus kemudian dilanjutkan RMA4 untuk memodelkan pola sebaran salinitas dan suhu permukaan laut Perairan Selat Bali bagian selatan saat musim timur. Hasil simulasi menggambarkan pola sebaran saat elevasi muka air tinggi (pasang), muka air tinggi menuju rendah, muka air rendah (surut) dan muka air rendah menuju tinggi yang ditunjukkan berdasarkan perubahan t (waktu). Dari hasil simulasi yang ada kemudian dibuat peta sebaran salinitas dan suhu permukaan laut perairan selat Bali bagian selatan pada saat kondisi pasang dan surut mewakili musim timur.

Verifikasi Data

Verifikasi dilakukan dengan dua cara yakni secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif dengan memplotkan data hasil model dengan data lapangan kemudian dibandingkan polanya, sedangkan secara kuantitatif dengan menghitung kesalahan (nilai *error*) tiap data menggunakan uji statistik maupun perhitungan. Perhitungan verifikasi menurut Diposaptono dan Budiman (2006) dapat dihitung dengan :

$$RE = \frac{|x-c|}{x} \times 100 \% \quad (1)$$

$$MRE = \sum_1^n \frac{RE}{n} \quad (2)$$

dimana :

RE = *Relatif error* (kesalahan relatif);

X = Data lapangan;

MRE = *Mean Relatif Error* (Rata-rata kesalahan relatif);

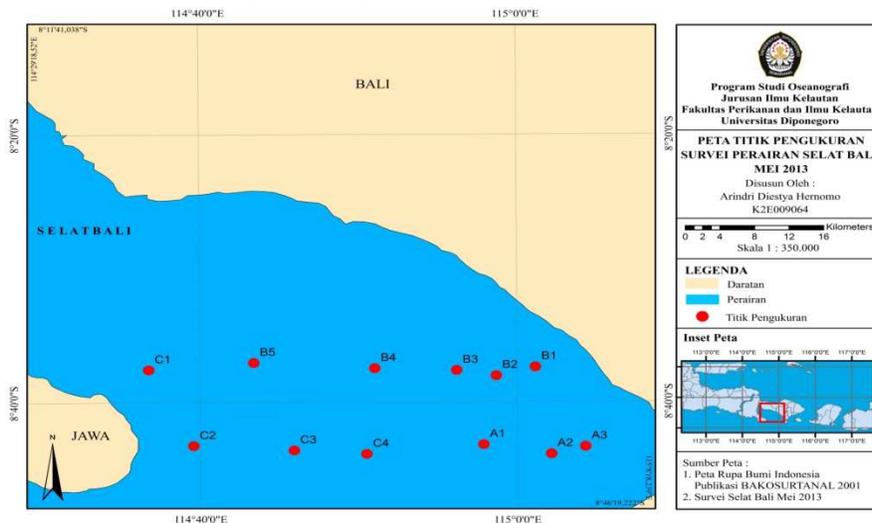
C = Data hasil simulasi; N = Jumlah data.

Pemetaan Daerah Penelitian

Pengolahan data rupabumi dari Bakosurtanal dengan data batimetri dilakukan dengan menggunakan *software ArcGIS*. Pengolahan dilakukan dengan digitasi garis pantai, darat dan laut kemudian dianalisis tumpang susun (*overlay*) dengan data koordinat titik pengukuran data insitu untuk mendapat peta tematik baru. Titik sampling dari GPS disesuaikan dengan datum WGS 50S. Hasil intrepretasi digunakan untuk membuat peta lokasi penelitian di Perairan Selat Bali.

Analisa Sebaran Salinitas dan Suhu Permukaan Laut

Analisa sebaran salinitas dan suhu permukaan laut berdasarkan sebaran salinitas dan suhu permukaan laut hasil simulasi pada Mei 2013. Hasil pemodelan berdasarkan persamaan adveksi-difusi yang merupakan persamaan dasar dalam modul RMA4. Dilakukan juga analisa perbandingan antara data lapangan salinitas dan suhu permukaan Mei 2013 dengan data sekunder salinitas dan suhu permukaan September 2013, untuk mendapatkan gambaran kondisi kedua parameter tersebut di permukaan perairan pada awal dan akhir musim timur.



Gambar 6. Peta Lokasi Stasiun Pengambilan Data Lapangan Mei 2013.
(Sumber : Hasil Survei Selat Bali, 2013)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Hasil Pengukuran Salinitas dan Suhu Permukaan

Data suhu dan salinitas permukaan hasil pengukuran lapangan di 12 titik stasiun pada

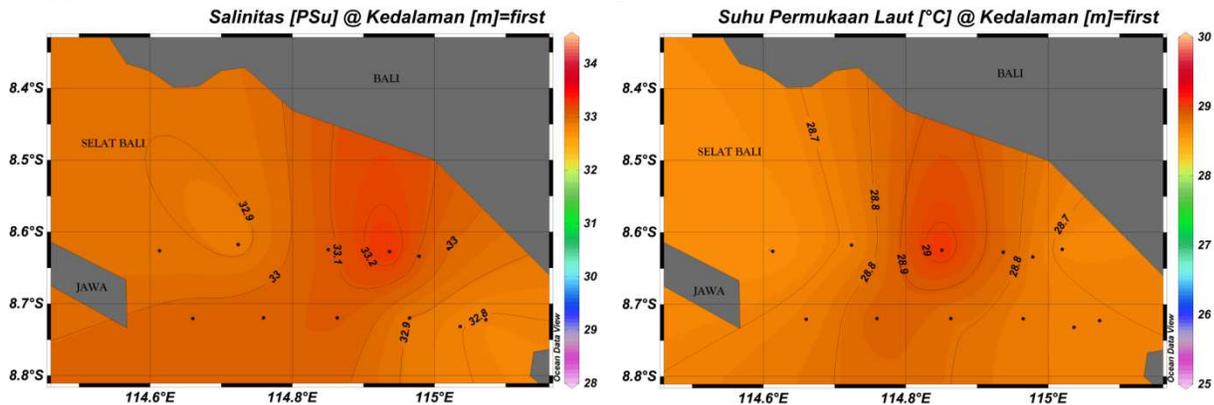
bulan Mei 2013 untuk setiap stasiun disajikan dalam tabel 1 sebagai berikut :
Tabel 1. Nilai Suhu dan Salinitas Permukaan Mei 2013

Stasiun	Longitude (Bujur Timur)	Latitude (Lintang Selatan)	Salinitas (Psu)	Temperature (⁰ C)
A1	114° 57' 53"	-8° 43' 11"	32,7	28,7
A2	115° 2' 9"	-8° 43' 53"	32,7	28,7
A3	115° 4' 18"	-8° 43' 20"	32,7	28,7
B1	115° 1' 9"	-8° 37' 23"	32,9	28,5
B2	114° 58' 41"	-8° 38' 2"	33	28,7
B3	114° 56' 12"	-8° 37' 38"	33,9	29
B4	114° 51' 2"	-8° 37' 28"	33	29,4
B5	114° 43' 25"	-8° 37' 2"	32,7	28,6
C1	114° 36' 47"	-8° 37' 33"	32,9	28,5
C2	114° 39' 35"	-8° 43' 14"	33,1	28,7
C3	114° 45' 34"	-8° 43' 10"	33,1	29
C4	114° 51' 46"	-8° 43' 10"	33,1	28,7

(Sumber : Hasil Survei Selat Bali, 2013)

Nilai salinitas pada lapisan permukaan bulan Mei 2013 di Perairan Selat Bali bagian selatan berkisar antara 32,7 – 33,9 psu, dengan rata-rata salinitas sekitar 32,5 psu. Gambar 2a menunjukkan di stasiun B3 didapatkan salinitas tertinggi yaitu 33,9 psu, sedangkan salinitas terendah di stasiun A1, A2 dan A3 yang bernilai 32,7 psu.

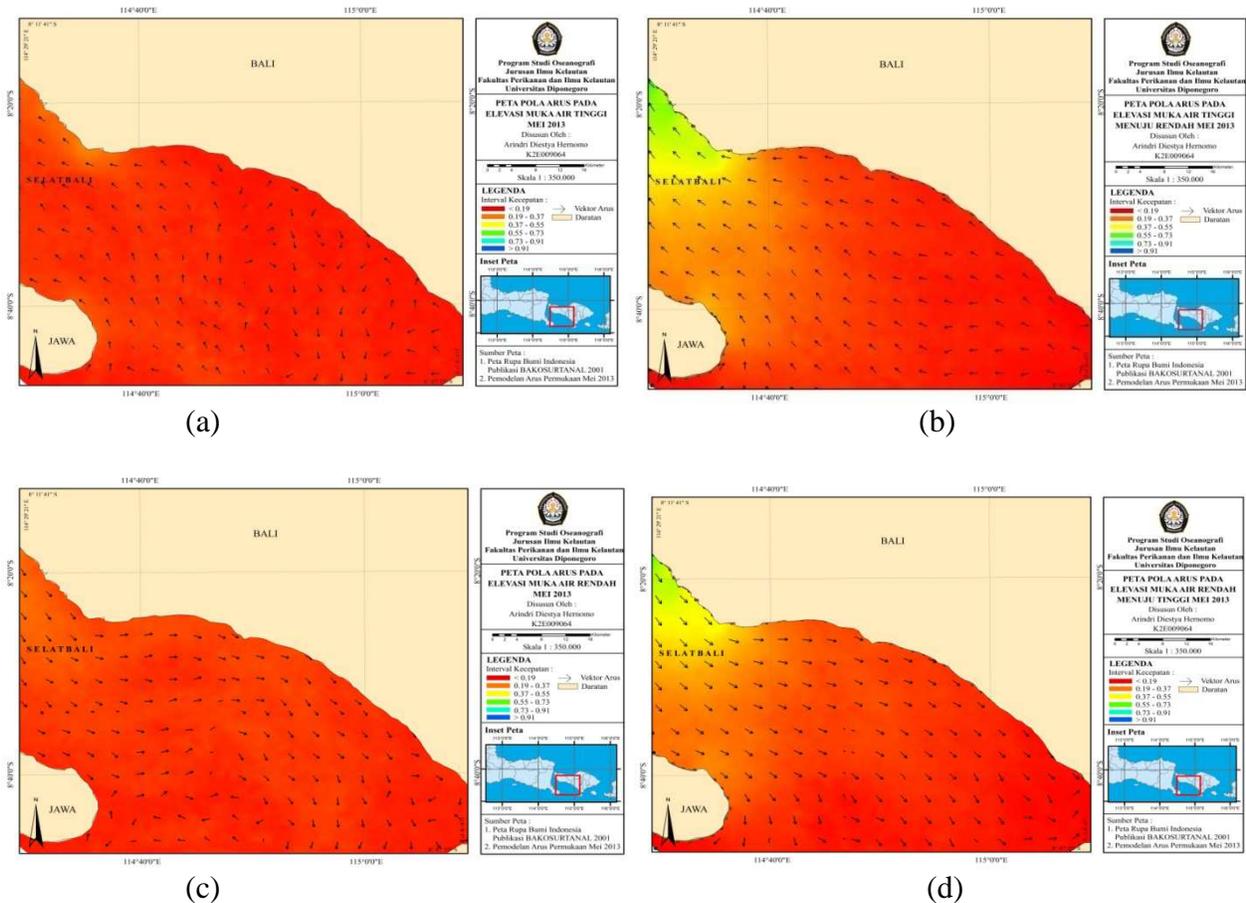
Hasil pengukuran suhu permukaan laut berkisar antara 28,5⁰C – 29,4⁰C, dengan rata-rata suhu permukaan 28,7⁰C. Suhu permukaan di stasiun B4 (lihat gambar 2b) memiliki nilai paling tinggi (29,4⁰C), dan stasiun B1 dan C1 bernilai paling rendah(28,5⁰C).



Gambar 2. (a) Sebaran Salinitas Permukaan tiap Stasiun Pengukuran Mei 2013; (b) Sebaran Suhu Permukaan Laut tiap Stasiun Pengukuran Mei 2013.(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2014)

Hasil Pemodelan Arus Permukaan

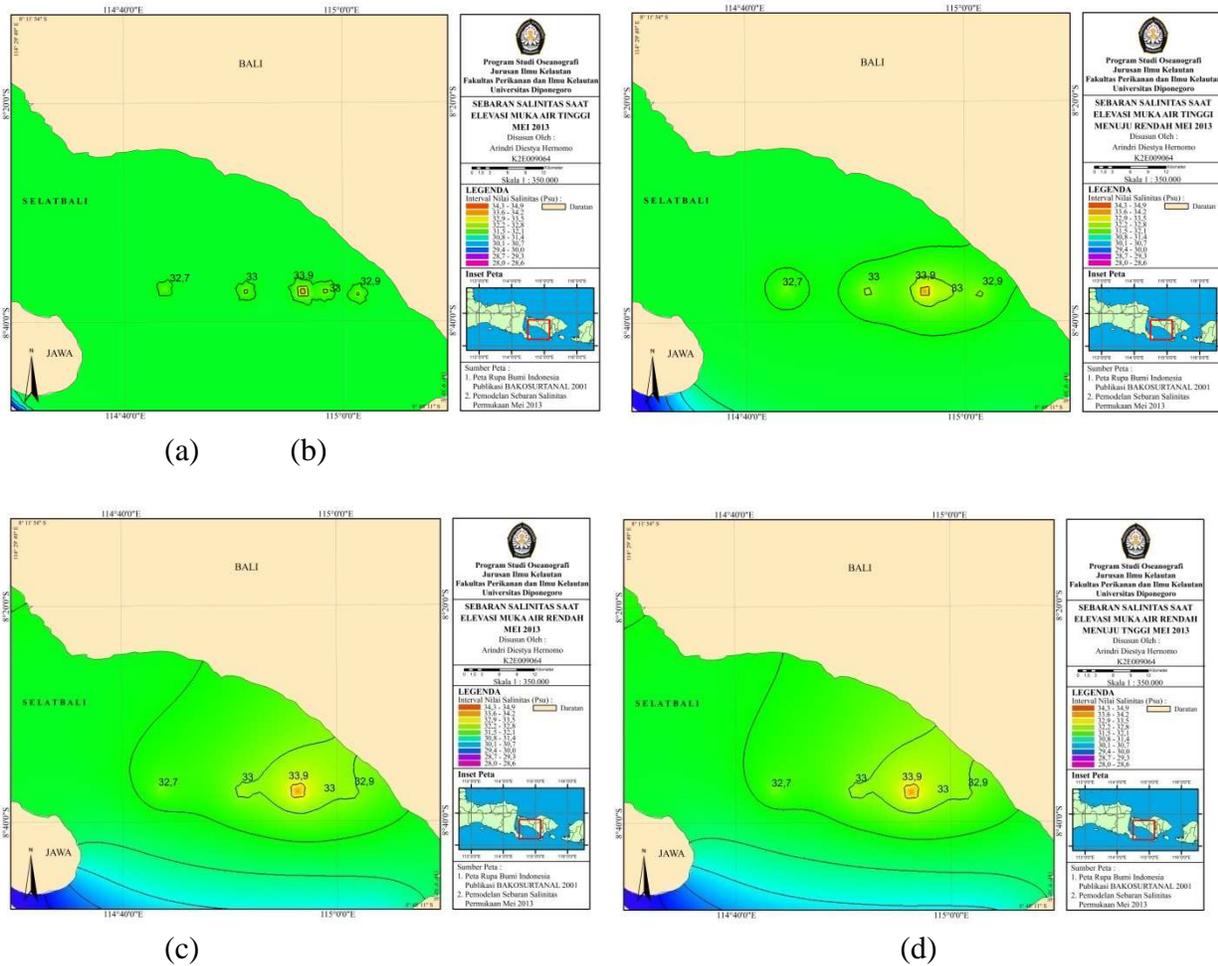
Pemodelan arus menggunakan *software* SMS 8.1 menghasilkan simulasi pola arus permukaan pada musim timur. Simulasi model arus digambarkan dalam bentuk vektor arus yang memiliki arah dan kecepatan di setiap *node*-nya sehingga membentuk pola arus perairan.



Gambar 3. Pola Arus Permukaan Perairan Selat Bali Bagian Selatan Bulan Mei 2013 (a) saat elevasi muka air rendah; (b) saat elevasi muka air rendah menuju tinggi; (c) saat elevasi muka air tinggi; (d) saat elevasi muka air tinggi menuju rendah. (Sumber: Pengolahan Data, 2014)

Hasil Pemodelan Sebaran Salinitas Permukaan

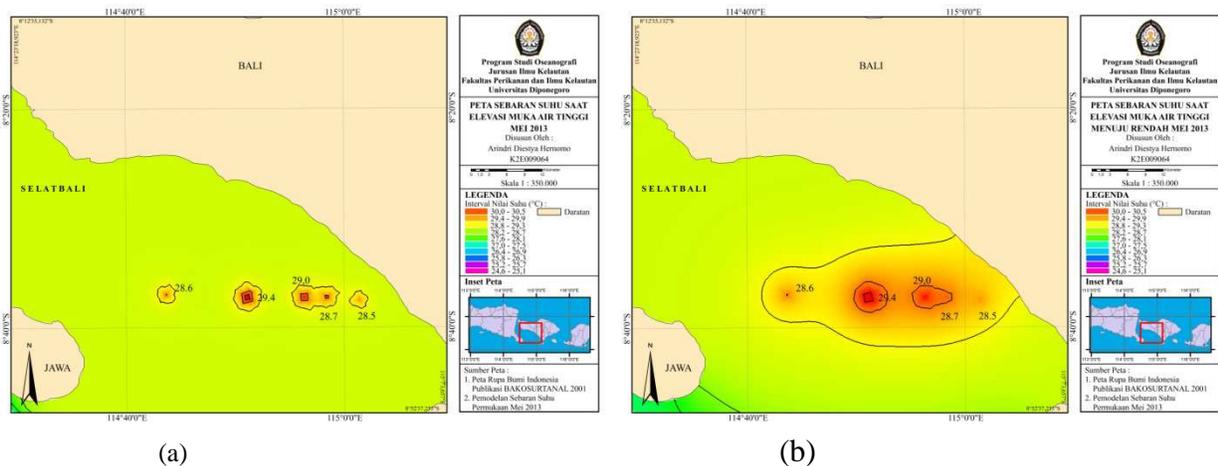
Hasil pemodelan sebaran salinitas permukaan Perairan Selat Bali menggunakan *software* SMS 11.1 modul RMA4 menunjukkan pola sebaran berdasarkan proses adveksi-difusi di perairan.

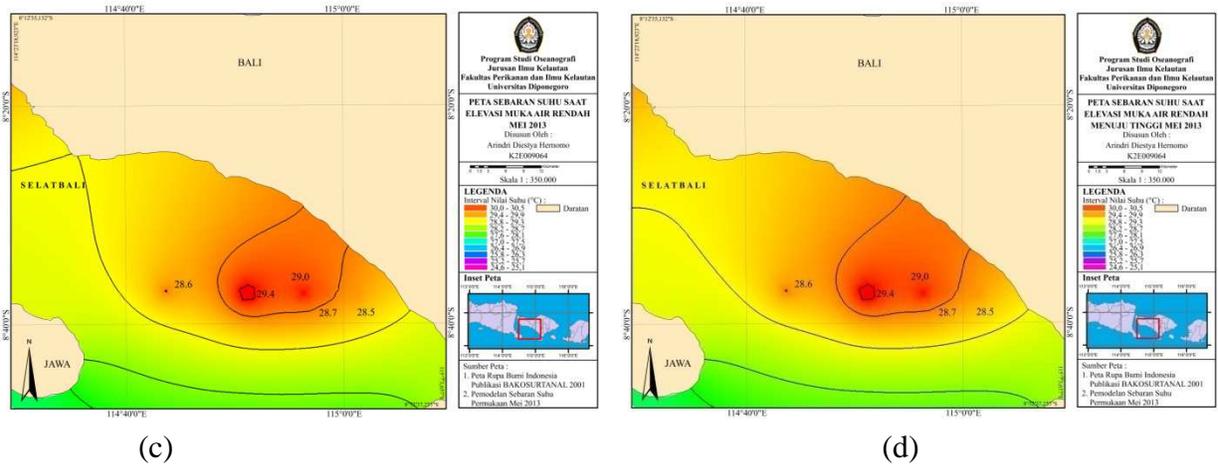


Gambar 4. Simulasi Sebaran Salinitas Permukaan Perairan Selat Bali Bagian Selatan Bulan Mei 2013.(Sumber: Pengolahan Data, 2014)

Hasil Pemodelan Sebaran Suhu Permukaan Laut

Hasil pemodelan sebaran suhu permukaan laut Perairan Selat Bali menggunakan *software* SMS 11.1 modul RMA4 menunjukkan pola sebaran berdasarkan proses adveksi-difusi di perairan.





Gambar 5. Simulasi Sebaran Suhu Permukaan Perairan Selat Bali Bagian Selatan Bulan Mei 2013. (Sumber: Pengolahan Data, 2014)

B. Pembahasan

Pola Arus Permukaan Hasil Model

Hasil simulasi menunjukkan kondisi pola arus pada saat elevasi muka air tinggi/ pasang (gambar 3a), vektor anak panah bergerak ke arah selatan menuju perairan samudra kemudian berbelok secara dominan ke arah barat laut yakni ke perairan selat bagian utara. Kecepatan arusnya relatif lemah berkisar 0,002 – 0,01 m/detik. Pada kondisi elevasi muka air tinggi menuju rendah (gambar 3b), arus laut bergerak secara dominan ke arah barat hingga barat laut dengan kecepatan lebih besar dari saat pasang. Nilai kecepatan arus pada sisi bagian utara dapat mencapai 0,902 m/detik. Pada kondisi elevasi muka air rendah/ surut (gambar 3c), pada sisi selat bagian utara arus laut dominan bergerak ke arah tenggara kemudian membelok ke arah barat daya dengan kecepatan arus relatif kecil. Pada kondisi elevasi muka air rendah menuju tinggi (gambar 3d), arus bergerak dominan ke arah tenggara dengan kecepatan paling tinggi di bagian utara yakni sekitar 0,86 m/detik karena adanya penyempitan luas permukaan di mulut Selat bagian utara. Hal tersebut sesuai dengan Priyono *et al.* (2007) menjelaskan bahwa rata-rata kecepatan arus untuk bagian utara Selat Bali lebih besar dibandingkan dengan kecepatan arus di perairan bagian selatan Selat Bali.

Arus laut pada Perairan Selat Bali merupakan arus dua arah (*bidirectional*) atau arus laut bergerak keluar masuk selat. Terjadinya perubahan elevasi muka air di kedua ujung selat menyebabkan arus bergerak dengan dua arah berlawanan. Hal ini sesuai dengan Hadi dan Ivonne (2009), perairan selat merupakan arus dengan tipe hidrolik, karena selat menghubungkan dua badan air yang dipengaruhi pasang surut yang tidak saling berhubungan. Tipe pasut Perairan Selat Bali ialah *semidiurnal*, dimana terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari dan menyebabkan perubahan arah arus terjadi secara cepat mengikuti periode pasang surut. Dalam Priyono *et al.* (2007) juga dijelaskan perairan dengan pasut tipe *semidiurnal*, arus pasut perairan mengalami pergantian pola arus lebih cepat dibanding tipe diurnal.

Sebaran Salinitas Permukaan Perairan Selat Bali

Nilai salinitas Perairan Selat Bali berdasarkan data pada awal musim timur (Mei) dan akhir musim timur (September) berkisar antara 29,6 - 34,18 psu dengan rata-rata salinitas 32,9 psu. Salinitas pada awal musim timur (Mei) memiliki nilai rata-rata yang lebih rendah daripada rata-rata salinitas September.

Skenario yang digunakan pada simulasi sebaran ini ialah menggambarkan suhu pada 5 titik pengambilan data lapangan, tiap titik dianggap sebagai sumber dengan variasi salinitas berkisar 32,9 - 33,9 psu. *Initial Condition (IC)* merupakan kondisi awal perairan atau rata-rata konsentrasi salinitas di perairan (32 psu) dengan koefisien *decay factor*=0, yang berarti simulasi ini tidak mendapat pengaruh dari *decay factor*.

Gambar 4 (a, b, c, d) menunjukkan sebaran salinitas pada kondisi awal ($t=1$), nilai tiap titik merupakan hasil pengukuran lapangan. Setelah $t=9$ hingga $t=192$ salinitas bergerak menyebar ke arah barat dimana bergerak dari konsentrasi tinggi menuju rendah untuk mencapai kesetimbangan. Sebaran menunjukkan salinitas dari selatan ke utara nilainya semakin tinggi berkisar 30 – 33,9 psu.

Sebaran Suhu Permukaan Laut Perairan Selat Bali

Nilai Suhu Permukaan Laut (SPL) Perairan Selat Bali bagian selatan pada awal musim timur (Mei) berkisar antara 28,5 - 29,4°C dengan rata-rata suhu permukaan 28,7°C. Suhu permukaan maksimum di stasiun B1 dan suhu minimum distasiun B1 dan C1. Nilai suhu permukaan ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan suhu permukaan pada bulan September tahun sebelumnya yang merupakan bulan akhir musim timur. Suhu permukaan pada bulan September antara 24,8 - 27,8°C dengan rata-rata 25,8°C. Hal tersebut di atas sesuai dengan Panjaitan (2009), hasil penelitiannya menunjukkan grafik fluktuasi rata-rata bulanan SPL diperairan selat Bali selama lima tahun (2004-2008) rata-rata SPL pada bulan Mei lebih tinggi dari rata-rata SPL bulan September. Hal ini karena pada musim timur perairan Selat Bali mendapat masukan massa air dari Samudra Hindia yang membawa suhu rendah dengan salinitas tinggi.

Simulasi sebaran menggunakan skenario yang menggambarkan suhu pada 5 titik pengambilan data lapangan dianggap sebagai sumber dengan variasi suhu antara 28,5 - 29,4°C. *Boundary Condition (BC)* bagian utara diberi nilai suhu tinggi yang dianggap sebagai nilai suhu tertinggi pada musim timur, dan pada BC bagian selatan diberi nilai suhu lebih rendah dari suhu rata-rata yang dianggap sebagai nilai terendah pada musim timur.

Gambar 5(a, b, c, d) menunjukkan kondisi awal (saat $t=1$) dimana *initial condition* masih bernilai rata-rata suhu perairan yakni sekitar 28,7°C. Perubahan suhu perairan langsung terjadi begitu memasuki $t=3$ hingga $t=192$. Penurunan suhu pada daerah sekitar titik yang dianggap sumber ialah sekitar 0,5 disebabkan adanya pengaruh dari faktor adveksi-difusi perairan dan kondisi pada BC sebelah utara dan selatan area model. Suhu bergerak menyebar dari selatan ke utara. Besarnya koefisien difusi berpengaruh terhadap laju penyebaran dan luasan area sebaran. Hasil simulasi pada waktu setelah $t=192$, pola sebaran suhu menunjukkan bahwa sebaran akan mencapai kondisi tunak setelah mencapai kesetimbangan antara pengaruh difusi dan adveksi.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah hasil simulasi sebaran salinitas dan suhu permukaan selat Bali bagian selatan saat musim timur menunjukkan sebaran salinitas dari selatan ke barat daya nilainya semakin tinggi berkisar antara 30 - 33,9 psu dengan salinitas rata-rata perairan 32,5 psu, sedangkan suhu permukaan menunjukkan sebaran dari selatan ke utara semakin tinggi dari nilai 28 - 30°C dengan rata-rata 28,7°C. Sebaran horizontal salinitas dan suhu permukaan ini dipengaruhi oleh proses difusi serta adveksi, dengan pola arus Perairan Selat Bali dominasi bergerak keluar masuk selat mengikuti periode pasang surut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2002. Surface Water Modeling System 8.0 Tutorials. Environmental Modeling Research Laboratory, Brigham Young University.
- Diposaptono, S. dan Budiman. 2006. Tsunami. Buku Ilmiah Populer. Jakarta.
- Fathoni, A. 2006. Metodologi Penelitian dan Teknik Penyusunan Skripsi. Rineka Cipta, Jakarta.
- Hadi, S. dan I.M. Radjawane. 2009. Arus Laut. Institut Teknologi Bandung, Bandung, 88 hlm.
- Khayyun, T.S. 2008. The Effects of Changes in Manning's Roughness Coefficients and Eddy Viscosity on a Constrained Flume. *Journal of Engineering and Development* Vol.12 No.2.
- King, I.P. and R.R. Rachiele. 1989. Governing Equations for the Mathematical Model RMA4 Appendix H-A. Resource Management Associates.
- Lakhan, V.C. and A.S. Trenhaile. 1989. Applications in Coastal Modelling. Elsevier Science Publisher, Netherlands.
- Nurhayati. 2006. Distribusi Vertikal Suhu, Salinitas dan Arus di Perairan Morotai, Maluku Utara. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* No. 40: 29-41, LIPI, Jakarta.
- Panjaitan, R. J. A. 2009. Variabilitas Konsentrasi Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut dari Citra Satelit Aqua Modis serta Hubungannya dengan Hasil Tangkapan Ikan Lemuru di Perairan Selat Bali. [Skripsi]. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB, Bogor.
- Priyono, B, A. Yunanto dan T. Arief. 2007. Karakteristik Oseanografi dalam Kaitannya dengan Kesuburan Perairan di Selat Bali. Balai Riset dan Observasi Kelautan, Bali.
- Siwi, W.E.R. *et al.* 2011. Pemantauan dan Prediksi Dinamika Parameter Fisik dalam Kaitannya dengan Produktivitas Perairan Laut Dan Pesisir. Balai Riset Dan Observasi Kelautan, Bali.
- Sudjana, M.M. 1992. Metode Statistika. Tarsito, Bandung.
- Wibawa, T.A, B. Priyono, dan B. Realino. 2010. Aplikasi Pembentukan Model GAM/GLM dari Variabel Oseanografi dan Biogeokimia Perairan Untuk Pendugaan Daerah Penangkapan Ikan Pelagis Kecil di Selat Bali. Balai Riset dan Observasi Kelautan, Bali.