

SIRKULASI ARUS VERTIKAL DI SELAT BALI PADA MONSUN TENGGARA 2004

Widodo Setiyo Pranowo¹⁾ dan B. Realino S.²⁾

¹⁾Pusat Riset Wilayah Laut Dan Sumberdaya Non-Hayati,

²⁾Balai Riset Observasi Kelautan

Badan Riset Kelautan Dan Perikanan.

Departemen Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia.

email: w_setiyoprانowo@dkp.go.id

ABSTRACT

Bali Strait is located in equator south, among Java and Island Bali, with form like funnel with its wide mouth facing Southeast Indian Ocean and the narrow mouth in north side facing Madura Strait and Java Sea.

According to the result of previous research, high productivities in Bali Strait caused by upwelling process that happened to start around the end of April until the beginning of October. Those Productivities has important economic value because functioning as Lemuru fish habitat.

This paper is presenting the result of research about the dynamic of current circulation, especially for vertical direction in Strait Bali at Southeast Monsoon of 2004, by using 3D hydrodynamics numerical model methods. The simulation generated by tide force and wind influence during September – October, and regardless of the vertical stratification of water mass densities (Barotropic).

Simulation results shows that surface current in Bali Strait moving from southeast go to north side because still influenced by Southeast monsoon, although in fact its months is transition time from Southeast monsoon to Northwest Monsoon. The magnitude of surface current surface is around 0.001 – 1.6 m/s. Vertical current circulation is indicating to the existence of upwelling and downwelling in Bali Strait, with magnitude around $0.01 \cdot 10^{-4} - 2.4 \cdot 10^{-4}$ m/s. Consistency of the simulation results has Root Mean Square Percentage Error (RMSPE) of 17.29 %. Verification of current direction from the simulation results shows a good agreement with pattern movement of water mass which took by satellite on October 2, 2004.

Keywords: hydrodynamics, 3D barotropic model, vertical circulation, tidal, wind, southeast monsoon.

ABSTRAK

Perairan Selat Bali merupakan daerah yang terletak di selatan khatulistiwa, di antara Pulau Jawa dan Pulau Bali, dengan bentuk seperti corong dengan mulutnya yang lebar menghadap Samudera Hindia Tenggara dan bagian sempit di sebelah utara menghadap Selat Madura dan Laut Jawa.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, produktivitas di perairan Selat Bali tinggi karena adanya proses penaikan massa air (*upwelling*) yang terjadi mulai sekitar akhir bulan April hingga permulaan Oktober. Produktivitas tersebutlah yang menyebabkan perairan Selat Bali mempunyai nilai ekonomis penting karena berfungsi sebagai habitat ikan Lemuru.

Makalah ini memaparkan hasil riset tentang sirkulasi vertikal di Selat Bali pada Musim Timur 2004, dengan menggunakan metode pemodelan numerik hidrodinamika 3 dimensi, dengan mengambil waktu simulasi bulan September – Oktober 2004. Tenaga pembangkit arus berupa angin dan pasang surut tanpa memperhatikan stratifikasi akibat perubahan densitas massa air vertikal (Barotropik).

Hasil simulasi menunjukkan bahwa arus permukaan di Selat Bali bergerak dari tenggara menuju keluar selat di bagian utara karena masih dipengaruhi oleh angin Monsun Tenggara, walaupun sebenarnya bulan tersebut adalah masa peralihan dari Monsun Tenggara ke Monsun Baratlaut. Kecepatan arus permukaan berkisar 0,001 - 1,6 m/detik. Sirkulasi arus vertikal mengindikasikan adanya proses *upwelling* dan *downwelling* di Selat Bali. Kecepatan arus vertikal ke atas berkisar $0,01 \cdot 10^{-4}$ - $2,4 \cdot 10^{-4}$ m/detik. Konsistensi hasil simulasi mempunyai nilai kesalahan rata-rata 17,29 %. Verifikasi pola pergerakan arus hasil simulasi sesuai dengan pola pergerakan massa air yang ditunjukkan oleh citra satelit pada tanggal 2 Oktober 2004.

Kata kunci: hidrodinamika, barotropik, sirkulasi vertikal, pasang surut, angin, monsun timur.

PENDAHULUAN

Perairan Selat Bali merupakan daerah yang terletak di selatan khatulistiwa, di antara Pulau Jawa dan P. Bali dengan posisi geografis di antara $114^{\circ}20'$ - $115^{\circ}10'$ BT dan $8^{\circ}10'$ - $8^{\circ}50'$ LS. Selat Bali mempunyai bentuk seperti corong dengan mulutnya yang lebar (± 35 km) menghadap Samudera Hindia Tenggara dan bagian sempit di sebelah utara (tidak lebih dari 2,5 km) menghadap Selat Madura dan Laut Jawa. Luas seluruh perairan Selat Bali diperkirakan 2500 km (Arinaldi, 1972 *dalam* Setiawan, 1991).

Produktivitas di perairan Selat Bali tinggi karena terjadi proses penaikan massa air (*upwelling*) yang terjadi mulai sekitar akhir bulan April hingga permulaan Oktober (Merta, 1992; Salijo, 1973). Produktivitas tersebutlah yang menyebabkan perairan Selat Bali mempunyai nilai ekonomis penting karena berfungsi sebagai habitat ikan Lemuru (Soejodinoto, 1960 *dalam* Dwiponggo, 1982).

Makalah ini memaparkan sirkulasi arus vertikal selama 6 hari (28 September – 2 Oktober 2004) hasil dari simulasi pemodelan numerik 3D hidrodinamika berdasarkan lama waktu survei area *upwelling* dan populasi ikan yang dilakukan oleh Tim Riset Pusat Riset Teknologi Kelautan (PRTK) di perairan Selat Bali.

BAHAN DAN METODA

Pemodelan arus ini dilakukan di Laboratorium Komputasi Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Non-hayati, Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Departemen Kelautan dan Perikanan. Simulasi arus 3 dimensi dilakukan dengan menggunakan

tenaga pembangkit berupa angin dan pasang surut, tanpa memperhatikan adanya stratifikasi akibat perubahan densitas massa air secara vertikal (Barotropik). Metode yang digunakan adalah metode pendekatan model numerik menggunakan *3DD Suite Model Software* yang dibangun oleh ASR Ltd (Black, 2001).

Skema Numerik

Model 3DD menggunakan Skema Beda Hingga Eksplisit untuk menyelesaikan Persamaan Momentum dan Konservasi Massa (Black, 2001). Pemecahan persamaan melalui Metoda Beda Hingga tersebut menggunakan skema *Staggered Grid* (Leendertse dan Liu, 1975 dalam Black, 2001), yaitu menempatkan komponen v dan u pada dinding “utara” dan “selatan”. w berlokasi di tengah-tengah dinding “atas”. Tinggi muka air menggantikan w di lapisan atas. Solusinya akan diperoleh dengan Skema Eksplisit Ordo ke-2 dan Aproksimasi Ordo ke-3 untuk suku-suku inersia yang non linier.

Desain Model

Simulasi model hidrodinamika dijalankan selama 20 hari dari 15 September hingga 5 Oktober 2004, dengan pengamatan terhadap hasil simulasi difokuskan pada periode waktu dari 28 September hingga 2 Oktober 2004, tetapi dalam hal ini hanya ditampilkan gambar hasil simulasi untuk tanggal 2 Oktober 2004 berdasarkan ketersediaan data citra satelit AQUA-MODIS (*ocean colors*) pada tanggal tersebut sebagai verifikasi kualitatif terhadap hasil simulasi dari arus permukaan. Selengkapnya mengenai desain model hidrodinamika dapat dilihat pada **Tabel 1**. Data batimetri yang digunakan adalah Peta Batimetri Digital dari GEBCO, *International Hydrographic Commission – United Nation* (1994). Batas daerah model adalah $114^{\circ}24'$ - $115^{\circ}09'$ BT dan $8^{\circ}06'$ - $8^{\circ}48'$ LS.

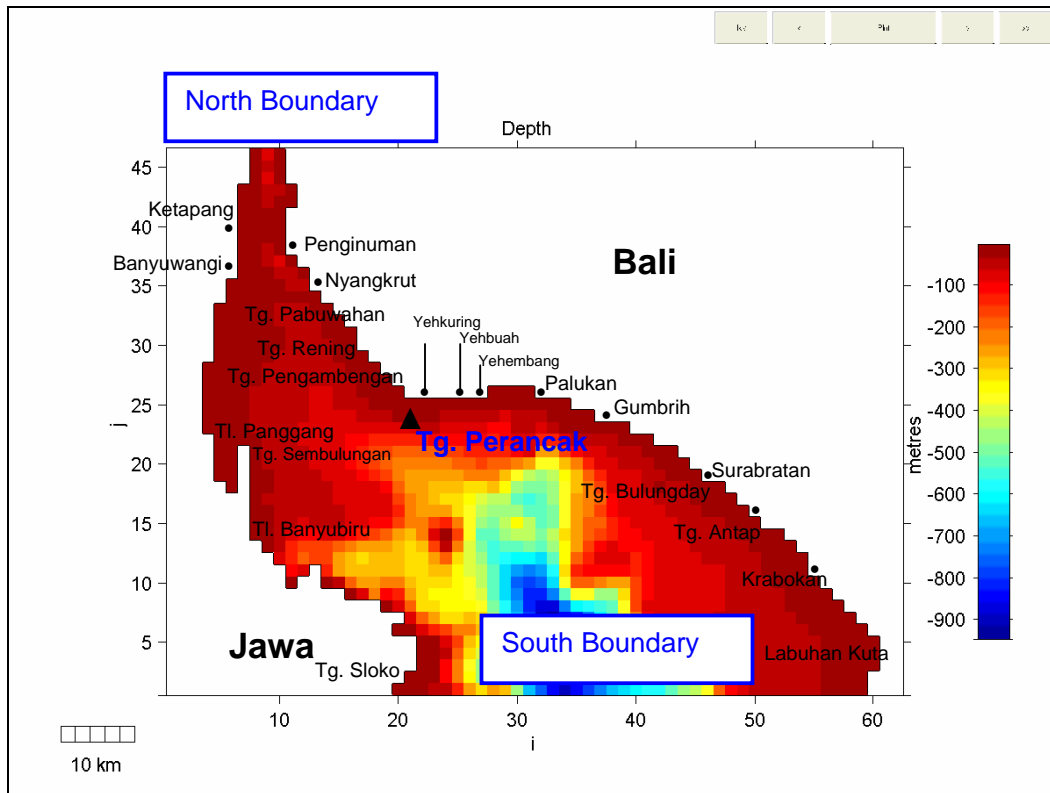
Nilai Awal dan Syarat Batas

Input yang digunakan di batas terbuka adalah elevasi pasang surut, dan angin (kecepatan dan arah konstan). Dalam hal ini elevasi pasang surut yang digunakan adalah hasil prediksi menggunakan ORITIDE – *Ocean Global Tide Model* yang dibangun oleh *Ocean Research Institute, University of Tokyo* yang bekerjasama dengan *National Astronomical Observatory, Mizusawa*, menggunakan 8 Komponen pasut utama: M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, dan Q1 (Matsumoto *et al.*, 1995).

Adapun penempatan batas terbuka daerah model dapat dilihat pada **Gambar 1**. Sedangkan data angin adalah hasil asumsi kecepatan dan arah angin rata-rata untuk bulan September 2004 berdasarkan data angin rata-rata bulan Agustus 2004 dari Badan Meteorologi Geofisika, Departemen Perhubungan, dikarenakan simulasi pemodelan adalah dilakukan sebelum dilaksanakannya survei laut oleh Tim riset PRTK sehingga data angin aktual belum didapatkan.

Tabel 1. Desain Model Hidrodinamika

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Number of X (I) Cells</i>	46	-
<i>Number of Y (J) Cells</i>	62	-
<i>X Grid Size</i>	1620.8	m
<i>Y Grid Size</i>	1620.8	m
<i>Time Step of Model</i>	8.3	detik
<i>First Time Step</i>	1	detik
<i>Maximum Number of Time Steps</i>	216,867.470	detik
<i>Roughness Length</i>	1	m
<i>Effective Depth</i>	0.3	m
<i>Drying Height</i>	0.05	m
<i>Initial Sea Level</i>	99	<i>set by model</i>
<i>Latitude</i>	-7.5	<i>coriolis effect</i>
<i>Orientation</i>	0	-
<i>Horizontal Eddy Viscosity</i>	3	m ² /detik
<i>Eddy Viscosity Multi Factor</i>	1	-
<i>Number of Steps to Apply</i>	1	-
<i>Diffusion Percentage Slip</i>	95	%
<i>Wind Speed (Constant)</i>	4.5	m/detik
<i>Wind Direction (Constant)</i>	116.5	<i>(degree from)</i>



Gambar 1. Batas Terbuka pada Daerah Domain Model Hidrodinamika

HASIL DAN PEMBAHASAN

Angin

Berdasarkan pengamatan data angin dari Quikscat *data-set*, diketahui bahwa kondisi angin di atas perairan Selat Bali pada bulan Juni hingga Agustus 2004 adalah angin Monsun Tenggara dimana angin bertiup dari arah Tenggara (*Southeast*) yang bergerak dari atas Kontinen Australia, sedangkan pada bulan September adalah memasuki masa peralihan dari Monsun Tenggara ke Monsun Barat-laut (*Northwest*). Secara umum data angin dari BMG – Dep. Perhubungan RI, menunjukkan bahwa kecepatan angin rata-rata bulan Agustus 2004 yang bertiup 10 meter di atas permukaan laut perairan Selat Madura, Laut Bali, Selat Bali, Selat Lombok, Selat Alas, Teluk Saleh, dan Samudera Hindia Bagian Tenggara adalah berkisar antara 2 – 7.15 m/detik dengan arah dominan dari Tenggara ($T 116^{\circ} U$). Sedangkan secara khusus di atas perairan Selat Bali pada bulan Agustus 2004, kecepatan angin berkisar 2 – 6 m/detik.

Pasang Surut

Pasang surut di perairan Selat Bali bertipe Campuran Cenderung Semidiurnal atau *Mixed Tide Prevailing Semidiurnal* (Wyrtki, 1961). Dimana saat air pasang/surut penuh dan tidak penuh terjadinya dua kali dalam sehari, tetapi terjadi perbedaan waktu pada antar puncak air tertinggi-nya. Hasil prediksi pasut menggunakan *Oritide – Global Tide Model* di sekitar perairan Tanjung Perancak, Bali untuk bulan 16 September (01:00 WITA) hingga 7 Oktober (00:00 WITA) 2004, memperlihatkan bahwa tinggi rata-rata air pasang tertinggi +1,1428 meter, air surut terendah -1,0912 meter, dengan tunggang maksimum sekitar 2,234 meter (lihat **Tabel 2**).

Tabel 2. Hasil Prediksi Pasang Surut di Perancak 16 September – 7 Oktober 2004

	Elevasi (meter)
Air Pasang Tertinggi	+ 1,1428
Air Surut Terendah	- 1,0912
Tunggang Maksimum	2,2340

Arus Permukaan di Selat bali

Secara umum arus permukaan pada periode waktu 28 September hingga 2 Oktober 2004 di Selat Bali bergerak dari tenggara menuju keluar selat di bagian utara, dengan kecepatan berkisar 0,001 m/detik - 1,6 m/detik. Hal ini terjadi karena masih dipengaruhi oleh angin Monsun Tenggara, walaupun sebenarnya bulan September – November adalah masa peralihan dari Monsun Tenggara ke Monsun Baratlaut.

Hasil simulasi pada tanggal 02 Oktober 2004 (**Lampiran A.1. & A.2.**) menunjukkan secara umum kecepatan arus permukaan berkisar 0,01 m/detik – 1,5 m/detik bergerak dari mulut selat bagian selatan menuju mulut selat bagian utara. Kecepatan arus permukaan pada saat permukaan laut (*sea level*) mengalami pasang dan surut pertama adalah: 0,01 m/detik – 0,525 m/detik (menjelang surut), 0,05 m/detik – 0,8 m/detik (surut), 0,1 m/detik – 1,5 m/detik (menjelang pasang), 0,1 m/detik – 1,4 m/detik (pasang). Sedangkan, kecepatan arus permukaan pada saat permukaan laut (*sea level*) mengalami pasang dan surut kedua adalah: 0,01 m/detik – 0,22 m/detik (menjelang surut), 0,01 m/detik – 0,475 m/detik (surut), 0,1 m/detik – 1,1 m/detik (menjelang pasang), 0,05 m/detik – 0,95 m/detik (pasang).

Arus Vertikal di Selat Bali

Upwelling secara umum didefinisikan sebagai naiknya massa air dingin dari kedalaman tertentu menuju ke lapisan permukaan yang lebih dangkal atau ke

permukaan secara terus menerus, dimana massa air dingin tersebut akan membawa nutrien (Nybakken, 1992; Smith, 1968 *dalam* Barton, 2000; Stewart, 2002). Dalam kajian ini *upwelling* ditinjau dari parameter arus vertikal yang bergerak ke atas dari kedalaman tertentu menuju ke lapisan yang lebih dangkal/permukaan, dimana dalam gambar hasil simulasi diwakili oleh parameter *Velocity Z* yang berharga positif. Hasil simulasi juga menunjukkan adanya fenomena arus vertikal yang menuju ke lapisan bawah atau dasar yang mengindikasikan *sinking/downwelling* di Selat Bali, dimana dalam gambar hasil simulasi diwakili oleh parameter *Velocity Z* yang berharga negatif.

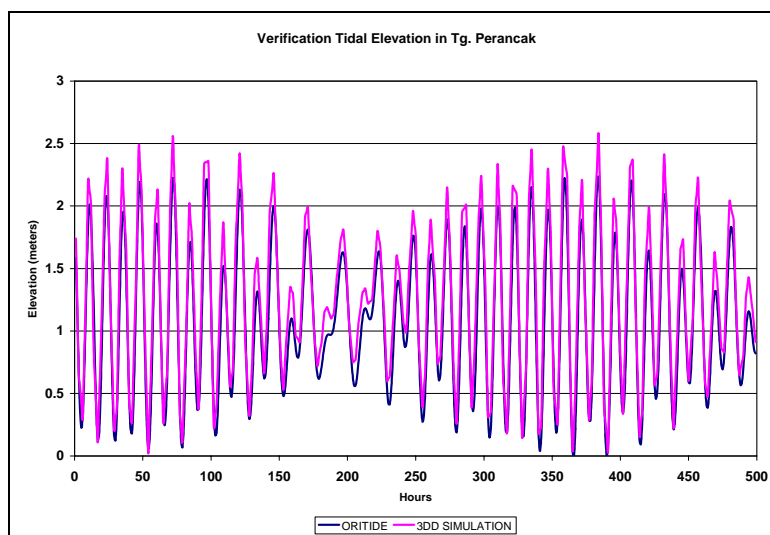
Hasil simulasi pada tanggal 02 Oktober 2004 (**Lampiran B.1. & B.2.**) menunjukkan secara umum kecepatan arus vertikal berkisar $0,01.10^{-4}$ m/detik – $2,4.10^{-4}$ m/detik. Kecepatan arus vertikal pada saat permukaan laut (*sea level*) mengalami pasang dan surut pertama adalah: pada saat air menjelang surut (02:00 WITA) tidak muncul *upwelling* di permukaan laut, selanjutnya *upwelling* berkecepatan $0,01.10^{-4}$ m/detik – $2,4.10^{-4}$ m/detik muncul di seluruh permukaan Selat Bali dengan kecepatan tertinggi ada di Selat Bali bag. Selatan, dan perairan antara Banyuwangi – Teluk panggang – Tg. Rening (surut 05:00 WITA); *upwelling* berkecepatan $0,01.10^{-4}$ m/detik – $0,122.10^{-4}$ m/detik juga muncul di seluruh permukaan Selat Bali dengan kecepatan tertinggi ada di Selat Bali bag. Selatan, Teluk Panggang, dan di sekitar Ketapang hingga Banyuwangi (menjelang pasang 08:00 WITA); dan pada saat air pasang (11:00 WITA) kembali *upwelling* tidak muncul di permukaan laut. Sedangkan, kecepatan arus vertikal pada saat permukaan laut (*sea level*) mengalami pasang dan surut penuh kedua adalah: *upwelling* berkecepatan $0,01.10^{-4}$ m/detik – $1,2.10^{-4}$ m/detik hanya muncul di beberapa lokasi yaitu kecepatan tertinggi di Selat Bali bag. selatan, sedangkan di beberapa lokasi lain kecepatannya rendah (menjelang surut 14:00 WITA); *upwelling* berkecepatan $0,01.10^{-4}$ m/detik – $2,4.10^{-4}$ m/detik muncul di seluruh permukaan Selat Bali dengan kecepatan tertinggi ada di Selat Bali bag. selatan, sekitar Yehbuah hingga Yehembang, sekitar Gumbrih hingga Tg. Antap, & sedikit di sekitar Labuhan Kuta (surut 17:00 WITA); *upwelling* berkecepatan $0,01.10^{-4}$ m/detik – $2,3.10^{-4}$ m/detik muncul di seluruh permukaan Selat Bali dengan kecepatan tertinggi ada di Selat Bali bag. selatan, sekitar Yehbuah hingga Yehembang, dan Palukan (menjelang pasang 19:00 WITA); *upwelling* berkecepatan $0,01.10^{-4}$ m/detik – $0,4.10^{-4}$ m/detik muncul hanya di beberapa lokasi yaitu di Selat Bali bag. selatan, dan sekitar Tg. Sloko (pasang 23:00 WITA).

Konsistensi dan Verifikasi Simulasi Model

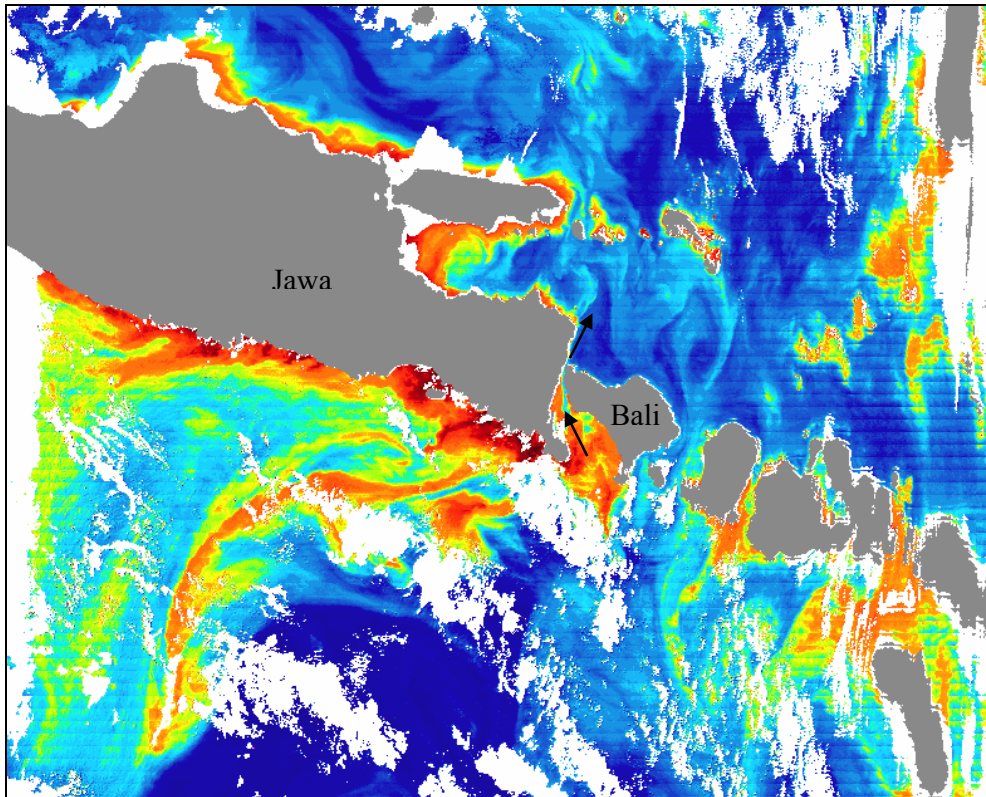
Konsistensi simulasi model terlihat baik. Dimana secara numerik perbandingan antara input data yang menggunakan elevasi pasang surut ORITIDE dengan output data hasil simulasi, menghasilkan nilai kesalahan rata-rata sebesar 17,29 % dan nilai kebenaran sekitar 82,71%. Sehingga bisa dikatakan bahwa hasil simulasi ini adalah baik (James, 1997), karena menunjukkan konsistensi yang bagus (**Gambar 5**).

Sedangkan citra satelit AQUA-MODIS (*ocean colors*) pada tanggal 2 Oktober 2004 memperlihatkan bahwa massa air permukaan masuk ke Selat Bali dari arah selatan-tenggara menuju ke utara-baratlaut keluar di Laut Bali (lihat panah arus pada **Gambar 6**), sehingga hasil simulasi arus model yang telah dilakukan menunjukkan kesesuaian dengan fenomena yang tertangkap citra satelit tersebut. Secara umum verifikasi secara kualitatif ini menunjukkan hasil yang cukup baik.

Proses *upwelling* yang ditunjukkan oleh hasil simulasi pada bulan September hingga Oktober berupa arus vertikal yang menuju ke atas sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Merta (1992) dan Salijo (1973) yang mengemukakan bahwa proses kenaikan massa air (*upwelling*) di Selat Bali terjadi dari akhir April hingga permulaan Oktober. Besar kecepatan arus vertikal yang menuju ke atas (*upwelling*) dari hasil simulasi adalah berkisar $0,01 \cdot 10^{-4}$ m/detik - $2,4 \cdot 10^{-4}$ m/detik, dan kisaran tersebut ternyata berada di dalam kisaran hasil dari penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya di Laut Selatan Jawa-Bali yaitu sekitar $0,01 \cdot 10^{-4}$ m/detik hingga $15 \cdot 10^{-4}$ m/detik (Ningsih, *dkk.*, 2002; Ningsih, 2004).



Gambar 2. Verifikasi Pasang Surut Antara Hasil Simulasi dengan Hasil Ramalan ORITIDE



Gambar 3. Citra satelit Aqua MODIS pada tanggal 02 Oktober 2004

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Adapun kesimpulan yang didapatkan dari hasil simulasi pada periode waktu dari 28 September hingga 2 Oktober 2004 yang menggunakan berbagai asumsi yang ada adalah sebagai berikut:

1. Secara umum arus permukaan di Selat Bali bergerak dari tenggara menuju keluar selat di bagian utara. Hal ini terjadi karena masih dipengaruhi oleh angin Monsun Tenggara, walaupun sebenarnya bulan September – November adalah masa peralihan dari Monsun Tenggara ke Monsun Baratlaut.
2. Kecepatan arus permukaan adalah berkisar antara 0,001 m/detik hingga 1,6 m/detik.
3. Hasil simulasi menunjukkan adanya sirkulasi arus vertikal yang mengindikasikan proses *upwelling* dan *downwelling* di Selat Bali. Secara umum kecepatan arus vertikal ke atas (*upwelling*) berkisar antara $0,01 \cdot 10^{-4}$ m/detik hingga $2,4 \cdot 10^{-4}$ m/detik.
4. Hasil simulasi ini secara umum menunjukkan konsistensi yang bagus dengan nilai kesalahan rata-rata sebesar 17,29 % dan nilai kebenaran sekitar 82,71%, berdasarkan verifikasi output terhadap input data pasang surut. Sedangkan hasil

verifikasi kualitatif menunjukkan bahwa pola pergerakan arus hasil simulasi sesuai dengan pola pergerakan massa air yang ditunjukkan oleh citra satelit pada tanggal 2 Oktober 2004.

Adapun beberapa hal yang perlu direkomendasikan adalah perlu tersedianya data pengukuran lapangan baik berupa angin 10 meter di atas permukaan laut, arus, dan pasang surut secara *time series* minimal 15 hari dan minimal dilakukan pada 1 titik stasiun/lokasi. Data-data tersebut bisa digunakan untuk input maupun verifikasi terhadap simulasi model, sehingga diharapkan fenomena di alam sebenarnya bisa digambarkan/direpresentasikan dengan lebih baik dan akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

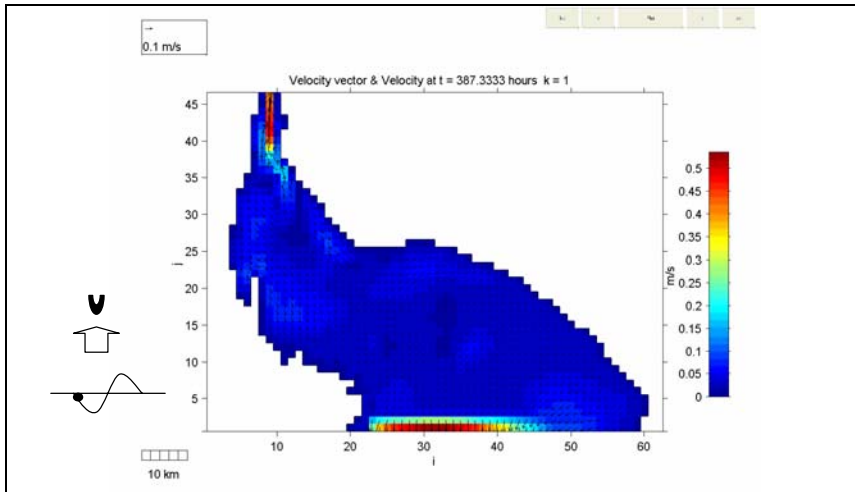
Kajian pemodelan ini merupakan bagian dari riset “Peningkatan Informasi Peta *Fishing Ground* Melalui Validasi dan Verifikasi Data Inderaja Kelutan dengan Teknologi Bioakustik” di Pusat Riset Teknologi Kelautan yang dibiayai dengan DIPA Tahun 2004.

DAFTAR PUSTAKA

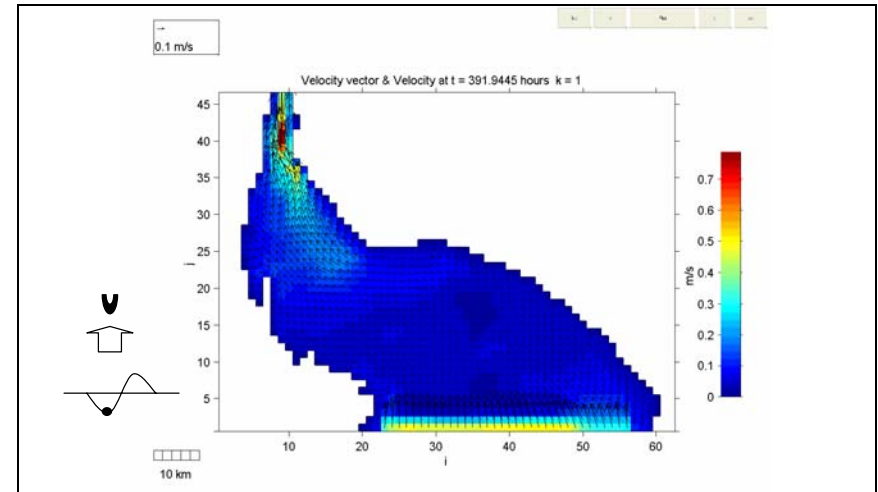
1. **Barton, D.**, (2000), “Lecture 3: it's an ill wind..that blows no coastal upwelling”, Internet. (www.sos.bangor.ac.uk/~oss041/des/o2p03/text/o2p03-03.htm). Updated 2002.
2. **Black, K.P.**, 2001. Model 3DD Descriptions and User's Guide. ASR Ltd. Hamilton – New Zealand.
3. **Dwiponggo, A.**, 1982. Beberapa Aspek Biologi Ikan Lemuru, *Sardinella* spp. Dalam Prosiding Seminar Perikanan Lemuru (S. Nurhakim, Budiharjo dan Suparno). Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan Indonesia, Jakarta. 205-216.
4. **International Hydrographic Commission of United Nation.**, 1994. GEBCO Bathymetric Digital Data.
5. **James, W.**, 1997. Rules for Reliable Modelling. in James, B., 1997. R177 (web) Rules for Responsible Modelling. <http://www.eos.uoguelph.ca/webfiles/james/R177Pweb.htm> - updated June, 2002.
6. **Matsumoto, K., M. Ooe, T. Sato, and J. Segawa.**, 1995. Ocean tide model obtained from TOPEX/POSEIDON altimetry data, *J. Geophys. Res.*, 100, C12, 25,319-25,330, 1995.
7. **Merta, I. G. S.**, 1992. Dinamika Populasi Ikan Lemuru *S. Lemuru bleeker*, 1853 di Perairan Selat Bali dan Alternatif Pengelolaannya. Disertasi. Prog. Pasca IPB. Bogor. xvi + 201 hal.
8. **Ningsih, N.S., Safwan Hadi, Mustaid Yusuf.**, (2002). Upwelling in the South Coast of Java & Its Seasonal Ocean Circulation by Using Three-Dimensional Ocean Model. PORSEC 2002: Remote Sensing & Ocean Science for Marine Resources Exploration & Environment. Bali, Indonesia, September 3 – 6, 2002.
9. **Ningsih, N.S.**, (2004). Pemodelan Sirkulasi Arus 3D untuk Menentukan Daerah Upwelling Sebagai Kriteria Lokasi Penangkapan Ikan (*Fishing Ground*). Presentasi 21 Juni 2004. Riset Peningkatan Informasi Peta *Fishing Ground* melalui Validasi &

Verifikasi Data Inderaja Kelautan dengan Teknologi Bioakustik. Di Pusat Riset Teknologi Kelautan, BRKP. Dept. Kelautan & Perikanan.

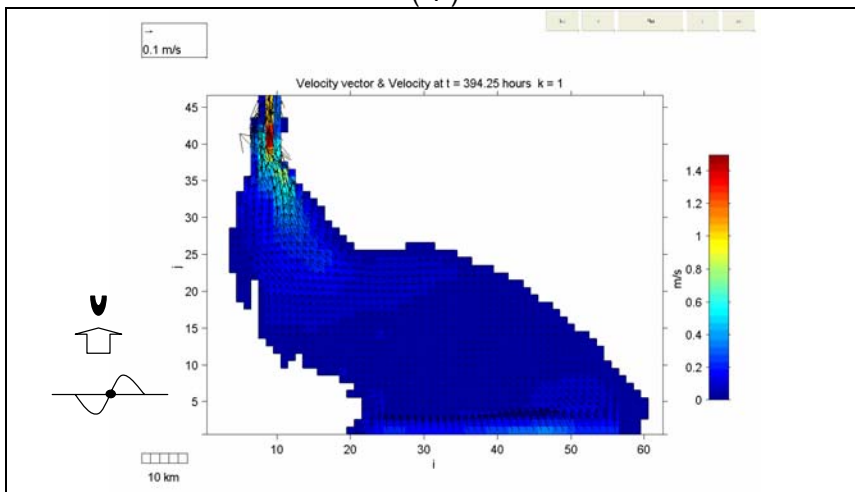
10. **Nybakken, J. W.**, (1992), *Marine Biology: An Ecosystem Approach. The 2nd edition*. Pearson Inc.
11. **Salijo, B.** 1973. Keadaan Oseanografi Daerah-daerah Penangkapan Ikan Lemuru di Selat Bali. LPPL 2/73. 1-16 hal.
12. **Setiawan, R.** 1991. Pemanfaatan Data SPL dari Satelit NOAA-9 Sebagai Salah Satu Indikator Upwelling Di Perairan Selatan Bali. Skripsi. Fakultas Perikanan. IPB. Bogor.
13. **Stewart, R. H.**, 2002. *Introduction to: Physical Oceanography*. Department of Oceanography Texas A & M University.
14. **Wyrski, K.**, 1961. *Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters. Naga Report Vol. 2*. Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California.



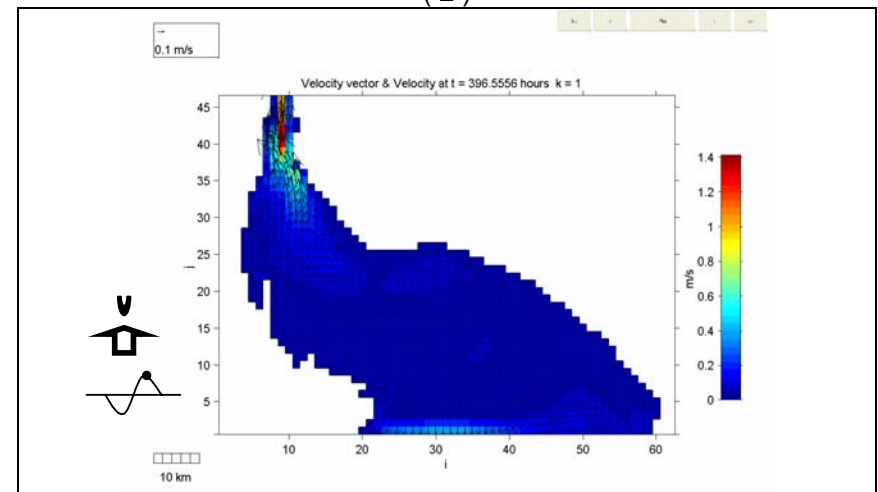
(1)



(2)

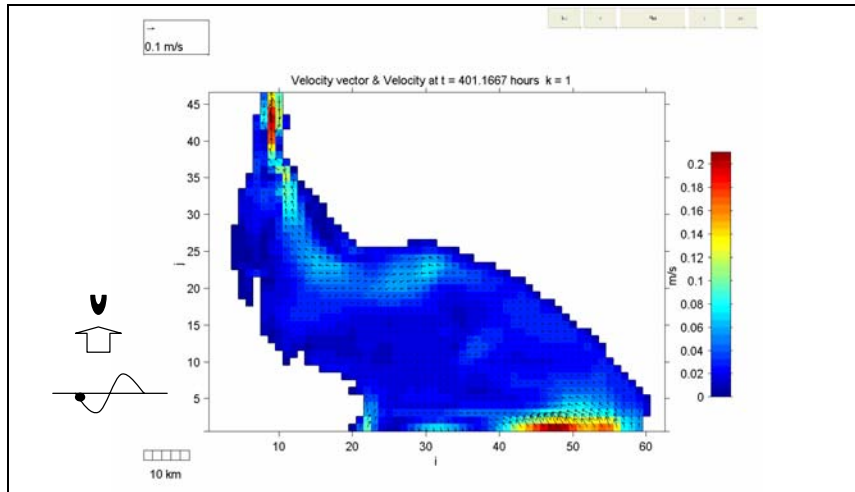


(3)

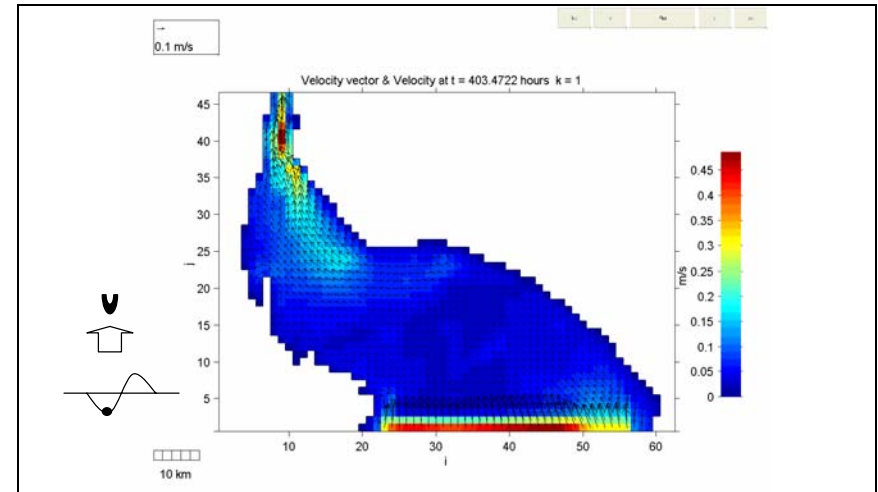


(4)

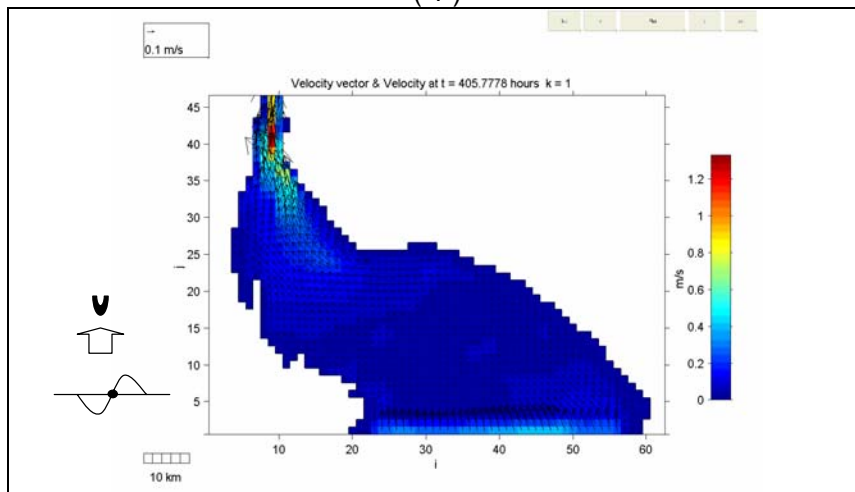
Lampiran A.1. Pola arus permukaan di Perairan Selat Bali pada 02 Oktober 2004 saat:
(1) Menjelang Surut 02:00 WITA, (2) Surut 05:00 WITA, (3) Menjelang Pasang 08:00 WITA, (4) Pasang 11:00 WITA



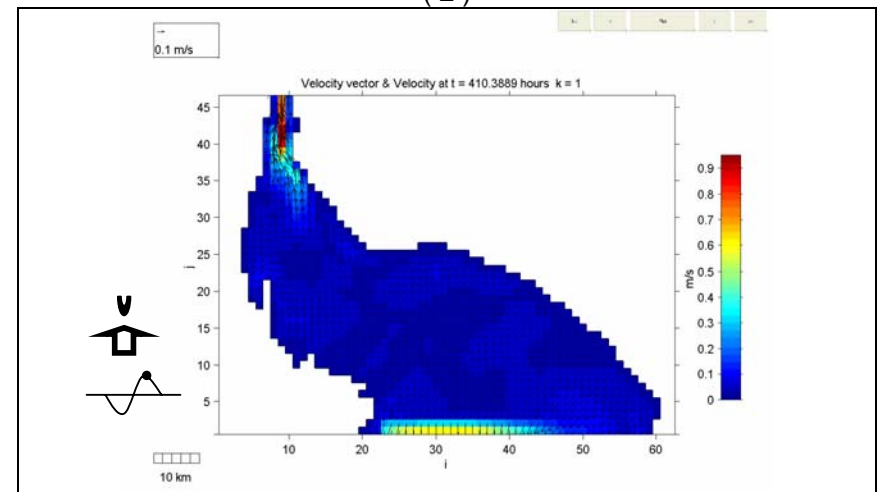
(1)



(2)

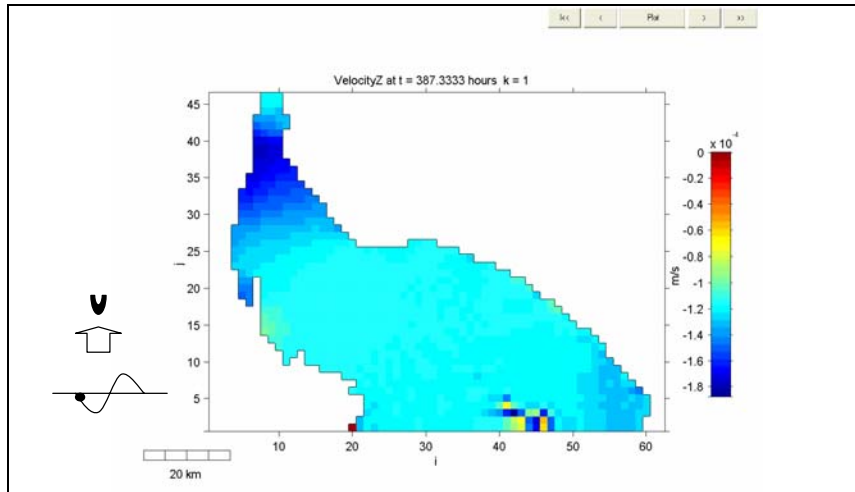


(3)

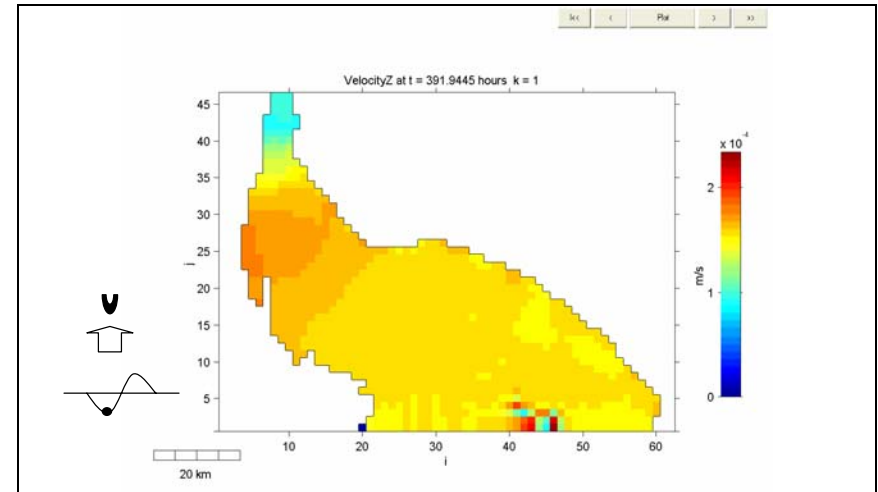


(4)

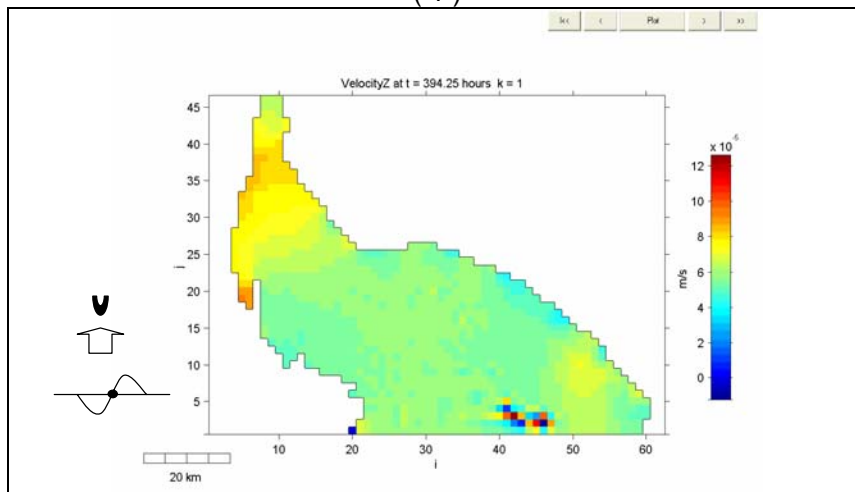
Lampiran A.2. Pola arus permukaan di Perairan Selat Bali pada 02 Oktober 2004 saat:
(1) Menjelang Surut 14:00 WITA, (2) Surut 17:00 WITA, (3) Menjelang Pasang 19:00 WITA, (4) Pasang 23:00 WITA



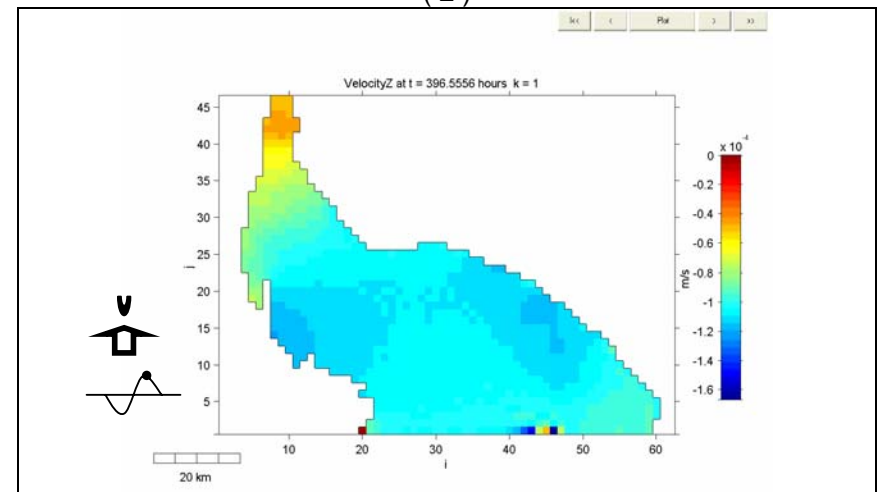
(1)



(2)

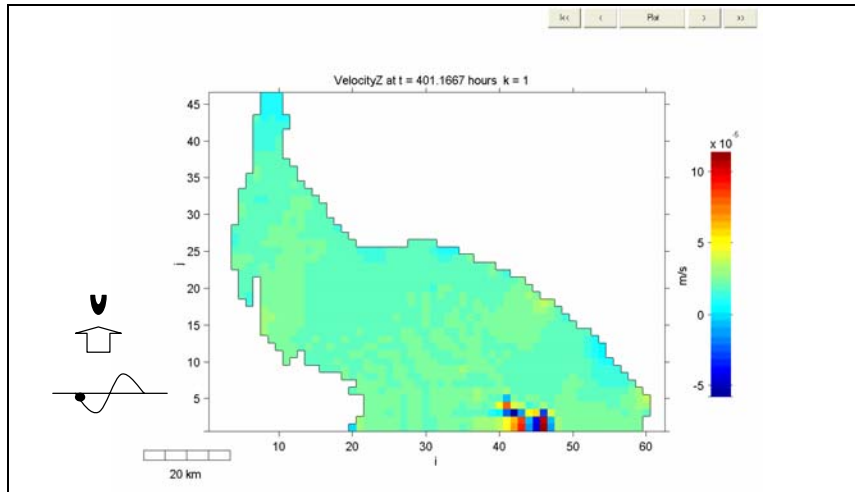


(3)

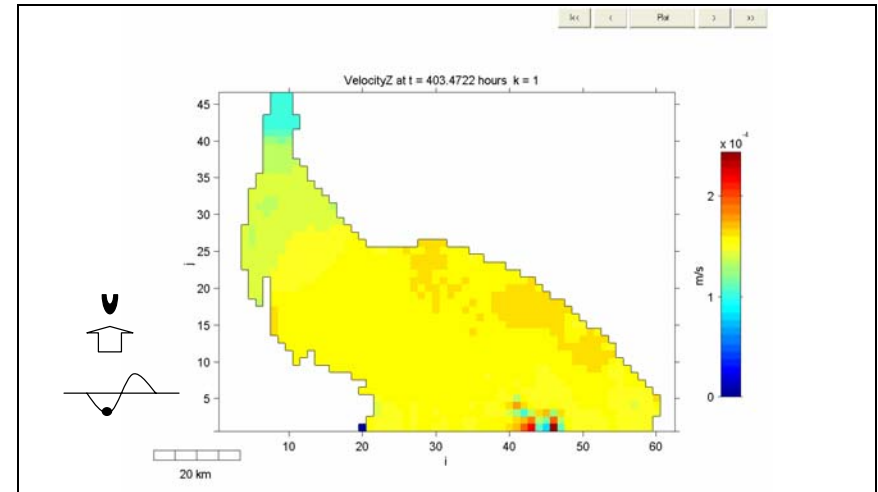


(4)

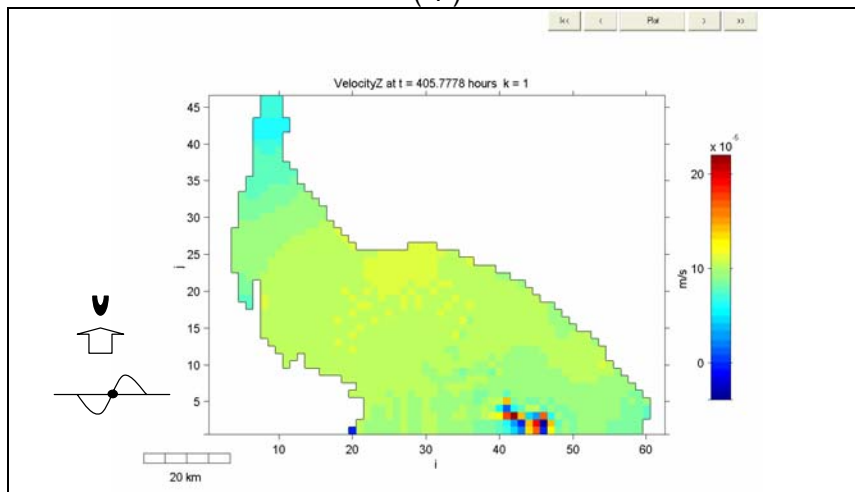
Lampiran B.1. Pola arus vertikal (Velocity Z) yang muncul di permukaan di **Perairan Selat Bali** pada **02 Oktober 2004** saat:
(1) Menjelang Surut 02:00 WITA, (2) Surut 05:00 WITA, (3) Menjelang Pasang 08:00 WITA, (4) Pasang 11:00 WITA



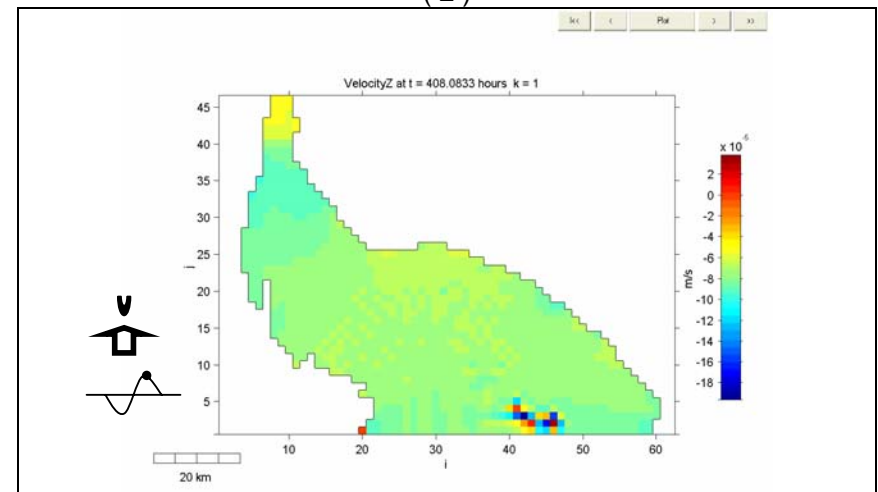
(1)



(2)



(3)



(4)

Lampiran B.2. Pola arus vertikal (Velocity Z) yang muncul di permukaan di **Perairan Selat Bali** pada **02 Oktober 2004** saat:
(1) Menjelang Surut 14:00 WITA, (2) Surut 17:00 WITA, (3) Menjelang Pasang 19:00 WITA, (4) Pasang 23:00 WITA