

DINAMIKA ARUS DALAM MENDUKUNG PERIKANAN BUDIDAYA LAUT DI TELUK BONE

OCEAN CURRENT CIRCULATION SUPPORTING MARINE AQUACULTURE IN TELUK BONE

Widodo S. Pranowo¹⁾, Candra D. Puspita¹⁾, Rikha Bramawanto¹⁾, Rizky A. Adi¹⁾,
Anastasia R. T. D. Kusumawardani¹⁾

¹⁾ *Laboratorium Data Laut dan Pesisir.*

*Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir,
Badan Litbang Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.*

Email kontak: widodo.pranowo@gmail.com

ABSTRAK

Teluk Bone merupakan wilayah potensial perikanan yang menarik untuk dipelajari pola arusnya. Artikel ini menyajikan hasil simulasi dari pemodelan hidrodinamika arus tiga dimensi dalam rangka memahami pola sirkulasi arus di Perairan Teluk Bone. Pemodelan menghasilkan penggambaran fenomena yang terjadi pada periode Monsun Tenggara (1-10 Agustus 2004) sesuai dengan ketersediaan data verifikasi. Elevasi permukaan laut pada kondisi Pasang Purnama adalah berkisar 0,0492 - 2,4140 meter. Sedangkan kecepatan arus permukaan pada kondisi yang sama berkisar $0,5 \times 10^{-3}$ - $12,25 \times 10^{-3}$ m/dt, dengan arah dominan menyusur pantai timur yang kemudian menuju ke arah Utara dan Barat. Peristiwa downwelling terjadi di beberapa lokasi di pantai barat dan upwelling di beberapa lokasi di pantai timur. Dimana kisaran kecepatan arus vertikal yang menuju ke atas adalah $0,5 \times 10^{-3}$ - $3,5 \times 10^{-3}$ m/dt, sedangkan kisaran kecepatan arus vertikal yang menuju ke bawah adalah $0,5 \times 10^{-3}$ - $4,6 \times 10^{-3}$ m/dt. Pada periode ini kondisi kecepatan arus permukaan ternyata mendukung perikanan budidaya laut karena masih berada dalam standar UNDP/FAO yaitu <100 cm/det. Kecepatan arus vertikal *upwelling* dan *downwelling* yang rendah membuat pengadukan nutrien tidak terlalu kuat sehingga dapat dimanfaatkan oleh fitoplankton secara stabil. Daerah yang arus permukaannya berada dalam kategori kesesuaian baik untuk usaha budidaya rumput laut, ikan dalam KJA dan tiram mutiara serta didukung dengan adanya *upwelling* dan *downwelling* adalah Palopo, Suli dan Muranti.

Kata Kunci : pola arus, pemodelan hidrodinamika, Teluk Bone, budidaya laut

ABSTRACT

Ocean current condition which is hypothesized support potential fisheries in Teluk Bone is interesting to be studied. This article presents the result of a simulation of the three-dimensional hydrodynamics modeling, in order to understand the current circulation in Teluk Bone. Snapshots of the modeling produce the phenomena that occur in Southeast Monsoon period (August 1-10, 2004) in order to match with data verification available. Sea surface elevation at spring tide is 0.0492 – 2.4140 meters. The speed velocity of surface current at same condition in range of 0.5×10^{-3} – 12.25×10^{-3} m/sec, with dominant direction alongshore of the east coast and then headed North and West. Downwelling occurs somewhere in west coast and upwelling occurs somewhere in east coast. The vertical upwelling velocity is in range of 0.5×10^{-3} - 3.5×10^{-3} m/sec, while vertical downwelling velocity is in range of 0.5×10^{-3} - 4.6×10^{-3} m/sec. In this monsoon period, the velocity of surface current support of the marine aquaculture activities, since the range is still follow to UNDP/FAO standard values of <100 cm/sec. The low vertical velocity of upwelling and

downwelling keeps nutrients in a low mixing condition, then those can be stable utilized by phytoplankton. Palopo, Suli and Muranti are the coastal city location nearby that upwelling and downwelling occurs and sea surface current velocity in good suitability for seaweed cultivation, fish farming on "keramba" floating cages/nets and some oyster pearl cultivation.

Keywords : *current pattern, hydrodynamics modeling, Teluk Bone, marine aquaculture*

PENDAHULUAN

Perairan Teluk Bone Secara administratif terletak di Propinsi Sulawesi Selatan (di sebelah barat dan utara) dan Propinsi Sulawesi Tenggara (di sebelah timur). Wilayah administratif dari Propinsi Sulawesi Selatan yang berbatasan perairan Teluk Bone adalah Kabupaten Bulukumba, Kab. Sinjai, Kab. Bone, Kab. Wajo, Kab. Luwuk, Kodya Polopo, Kab. Luwuk Utara, Kab. Luwuk Timur. Sedangkan wilayah administratif di Propinsi Sulawesi Tenggara yang berbatasan dengan perairan Teluk Bone adalah Kabupaten Bombana dan Kab. Kolaka. Laut Flores adalah batas sebelah selatan dari perairan Teluk Bone. Teluk Bone dicirikan sebagai tempat bermuaranya Sungai Cenrana. Secara geografis Sungai Cenrana menjadi muara dari sejumlah sungai besar dan kecil di Sulawesi Selatan. Dimana air dari Sungai Cenrana ini kemudian mengalir ke Teluk Bone.

Dalam Peraturan Menteri nomor PER.01/MEN/2009 tentang Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia (WPP-RI) Teluk Bone berada dalam WPP-RI 713 (KKP, 2009). Teluk Bone merupakan salah satu kawasan potensial perikanan yang apabila dikelola secara optimal dan terpadu diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata pada program pemerintah dalam revitalisasi perikanan (KKP, 2008).

Fenomena pergerakan arus vertikal dalam bentuk *upwelling* dan *downwelling* berpengaruh terhadap kesuburan suatu perairan. *Upwelling* membawa massa air kaya nutrien dari dasar ke permukaan laut dan sebaliknya sehingga mempengaruhi kelimpahan fitoplankton yang menjadi

produktifitas primer di perairan. Pengetahuan tentang fenomena ini dalam pengembangan perikanan budidaya laut menjadi penting sebagai acuan dalam memonitoring kondisi perairan, sehingga dapat dimanfaatkan untuk memprediksi danantisipasi dalam pelaksanaan perikanan budidaya laut.

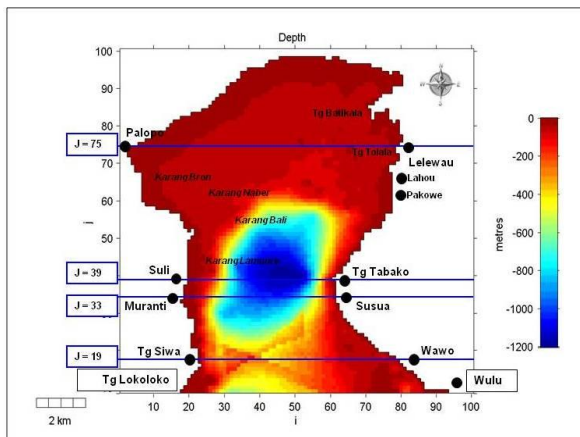
Artikel ini menyajikan hasil simulasi dari pemodelan hidrodinamika arus secara tiga dimensi dalam rangka memahami pola sirkulasi air akibat dari pasang surut sebagai pembangkitan yang bersifat harmonik dan domain model adalah perairan Teluk Bone bagian Utara.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan untuk mengkaji kondisi pola sirkulasi arus di Teluk Bone adalah dengan pemodelan arus 3 dimensi. Dimana luasan area yang menjadi domain model adalah $2^{\circ}45'00'' - 3^{\circ}50'00''$ LU dan $120^{\circ}10'00'' - 121^{\circ}20'00''$ BT, atau sebagai batas selatan domain model adalah sekitar pesisir Wulu dan Tanjung Lakoloko (lihat **Gambar 1**).

Simulasi hidrodinamika arus 3 dimensi ini menggunakan *3DD Suite Software Model* (Black, 2002). Simulasi arus dilakukan selama 10 hari (1 – 10 Agustus 2004), sesuai dengan data pasang surut hasil survei yang tersedia. Desain model hidrodinamika secara detail dapat dilihat pada **Tabel 1**. Hasil simulasi arus ditampilkan dalam bentuk 3 dimensi, dimana selain ditampilkan pola arus permukaan dan sebaran elevasi muka laut, ditampilkan juga beberapa profil arus di beberapa penampang melintang yaitu pada lintang grid J=19, J=33, J=39, dan J=75 (lihat **Gambar 3**).

Selanjutnya hasil model hidrodinamika dimasukkan dalam tabel untuk menentukan status kesesuaian arus untuk usaha budidaya laut, didasarkan pada standar kecepatan arus pada usaha budidaya, dengan mengacu pada rangkuman dari berbagai sumber yang dibuat oleh Kangkan, Hartoko dan Suminto (2007).



Gambar 1. Area model dan kondisi batimetri Teluk Bone

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Pasang Surut

Kondisi pasang surut di Teluk Bone adalah bertipe Campuran cenderung ke Harian Ganda (*Mixed Tide Prevailing Semidiurnal*), terlihat pola elevasi pasang surut dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi dengan tinggi dan periodenya berbeda (lihat **Gambar 2**).

Sebaran Elevasi Muka Laut & Pola Arus Permukaan

Pada saat air menjelang pasang pada kondisi Purnama, ketinggian elevasi permukaan laut berkisar 1,8200 meter hingga 1,8310 meter diatas muka laut rata-rata, dengan elevasi tertinggi ada di Teluk Usu, dan terendah ada di sepanjang pesisir Wawo hingga Wulu (lihat **Gambar 3**). Sehingga pola sirkulasi arus yang terjadi adalah sebagai berikut: Kecepatan arus antara $1,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $12,25 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ dengan kecepatan terbesar di bagian selatan dari teluk. Kecepatan arus berkurang ketika

menuju ke bagian tengah dari teluk, tetapi kemudian terjadi peningkatan intensitas kecepatan menjadi $6 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ akibat perubahan *slope* batimetri di sekitar Karang Lamunre, Karang Bali, dan Tanjung Tabako. Intensitas kecepatan kembali berkurang ketika melewati sekitar Karang Naber, Karang Bron dan Tanjung Batikala. Sedangkan pola arus yang terjadi secara umum adalah: Arus berasal dari bagian selatan dari teluk (mulut) bergerak ke Barat laut, arus dari pesisir Wulu bergerak menyusur pantai timur hingga Tanjung Tabako kemudian berbelok ke Barat menuju pantai Barat sekitar pesisir Muranti, yang kemudian bergabung dengan arus susur pantai Barat yang bergerak dari bagian selatan dari teluk (sekitar Tanjung Lakalolo) menuju ke Utara menyusur menuju Pesisir Karangkarangan dan Palopo. Sebagian arus yang bergerak dari Tanjung Tabako menyusuri sepanjang pesisir pantai timur dan pesisir utara kemudian berbelok menuju Baratdaya ke arah pesisir Palopo. Jika meninjau lebih detail di sekitar Tanjung Batikala dan Teluk Usu, arus susur pantai timur ketika sampai di Tanjung Batikala akan terbagi menjadi 2 pola aliran, pola utama akan berbelok ke Barat laut menuju pesisir utara (antara pesisir Bubu dan Saluana), sedangkan pola aliran yang lain akan menyusuri Teluk Usu baru kemudian bergerak menyusuri pesisir Bubu untuk bergabung lagi dengan arus susur pantai utara.

Pada saat air pasang pada kondisi Purnama, ketinggian elevasi permukaan laut berkisar 2,4065 meter hingga 2,4140 meter diatas muka laut rata-rata, dengan elevasi tertinggi ada di sepanjang pesisir Wawo hingga Wulu, dan terendah ada di Teluk Usu (lihat **Gambar 3.b**). Sehingga pola sirkulasi arus yang terjadi adalah sebagai berikut: Kecepatan arus antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $9,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ dengan kecepatan terbesar di bagian selatan dari teluk. Kisaran tersebut lebih rendah dibandingkan kisaran kecepatan arus pada saat menjelang pasang. Secara umum kecepatan berkurang dari $9,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ menjadi sekitar $7.5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$

ketika menuju ke bagian tengah dari teluk ketika mendekati Karang Bali dan sejajar dengan pesisir Lahou, dan semakin menurun intensitasnya menjadi $6 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $4,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ ketika mendekati pesisir utara. Intensitas kecepatan rendah ($3,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$) terlihat di bagian barat dari teluk mencakup area sekitar Karang Lamunre, Karang Naber, Karang Bron hingga pesisir Muranti dan pesisir Mandalinga (termasuk pesisir Karangkarangan dan Palopo), begitu juga kisaran kecepatan di Teluk Usu. Sedangkan secara umum pola arus yang bergerak adalah sama dengan yang terjadi pada saat air menjelang pasang.

Pada saat air menjelang surut pada kondisi Purnama, ketinggian elevasi permukaan laut berkisar 1,0770 meter hingga 1,0832 meter diatas muka laut rata-rata, dengan elevasi tertinggi ada di Teluk Usu, dan terendah ada di Tanjung Lokoloko dan di sepanjang pesisir Wawo hingga Wulu. Sedangkan sinyal elevasi muka laut yang tinggi (sekitar 1,0825 meter) tampak muncul di sekitar pesisir Palopo tetapi hanya seluas 20 km^2 (lihat **Gambar 4.c**). Sehingga pola sirkulasi arus yang terjadi adalah sebagai berikut: Kecepatan arus antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $10,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ dengan kecepatan terbesar di bagian selatan dari teluk. Kecepatan arus berkurang ketika menuju ke bagian tengah dari teluk, tetapi kemudian terjadi peningkatan intensitas kecepatan menjadi $8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $10 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ akibat perubahan *slope* batimetri di sekitar Karang Naber dan Karang Bali hingga sedikit ke arah utara di tengah teluk yang sejajar dengan Tanjung Batikala. Intensitas kecepatan kembali berkurang menjadi $4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ ketika mendekati pesisir utara, pesisir Karangkarangan, pesisir Palopo, pesisir Tanjung Tolala, dan Teluk Usu. Kisaran tersebut sedikit lebih rendah dibandingkan kisaran kecepatan arus pada saat menjelang pasang, dan sedikit lebih tinggi dibandingkan kisaran arus pada saat surut. Sedangkan pola arus yang terjadi secara umum adalah: Arus bergerak

meninggalkan bagian utara dari teluk menuju ke selatan dari teluk, tetapi ada sedikit arus yang bergerak dari pesisir Wulu lurus menuju ke pesisir Barat. Secara lebih detail: Arus meninggalkan Teluk Usu sebagian menyusur pesisir utara baru kemudian bergabung dengan arus yang meninggalkan pesisir Palopo dan Karangkarangan, dan sebagian lagi langsung bergerak ke Baratdaya. Arus-arus tersebut kemudian akan bertemu dengan pola arus yang bergerak ke Barat yang meninggalkan sepanjang pesisir timur yang dimulai dari Teluk Usu hingga pesisir Susua. Sedangkan arus yang meninggalkan pesisir Labuandata hingga pesisir Wawo dan sekitarnya kembali bergerak menuju Baratdaya keluar dari mulut Teluk.

Pada saat air surut pada kondisi Purnama, ketinggian elevasi permukaan laut berkisar 0,0492 meter hingga 0,0525 meter diatas muka laut rata-rata, dengan elevasi tertinggi ada di pesisir Palopo, dan terendah ada di daerah antara Tanjung Batikala dan Tanjung Tolala. Sedangkan sinyal elevasi muka laut yang tinggi (sekitar 0,0522 meter hingga 0,0525 meter) tampak muncul di sepanjang pesisir Wulu hingga pesisir Wawo dengan luasan sekitar 920 km^2 (lihat **Gambar 4.d**). Sehingga pola sirkulasi arus yang terjadi adalah sebagai berikut: Kecepatan arus antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $10 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ dengan kecepatan terbesar di bagian selatan dari teluk. Kisaran kecepatan tersebut sedikit lebih rendah dibandingkan kisaran pada saat menjelang surut dan sedikit lebih tinggi dibandingkan kisaran pada saat pasang. Secara umum kecepatan berkurang dari $10 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ menjadi sekitar $8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ ketika menuju ke bagian tengah dari teluk ketika mendekati Karang Bali dan sejajar dengan pesisir Pakowe, dan semakin menurun intensitasnya menjadi $6,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $3,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ ketika mendekati pesisir utara, dan pesisir timur mulai dari pesisir Lahou hingga Tanjung Batikala. Intensitas kecepatan rendah ($3,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$) terlihat di bagian barat dari teluk mencakup area sekitar Karang Lamunre, Karang Naber, Karang Bron

hingga pesisir Muranti dan pesisir Mandalinga (termasuk pesisir Karangkarangan dan Palopo), begitu juga kisaran kecepatan di Teluk Usu. Sedangkan pola arus yang terjadi secara umum adalah: Arus bergerak meninggalkan pesisir timur menuju ke pesisir barat dari teluk, kemudian arus tersebut bergabung dengan arus susur pantai barat menuju ke utara yang bergerak dari Tanjung Lokoloko menuju Tanjung Jene yang kemudian menyusuri pesisir Palopo. Arus dari pesisir timur yang kemudian menyusuri pesisir utara juga bergerak menuju ke arah pesisir Palopo.

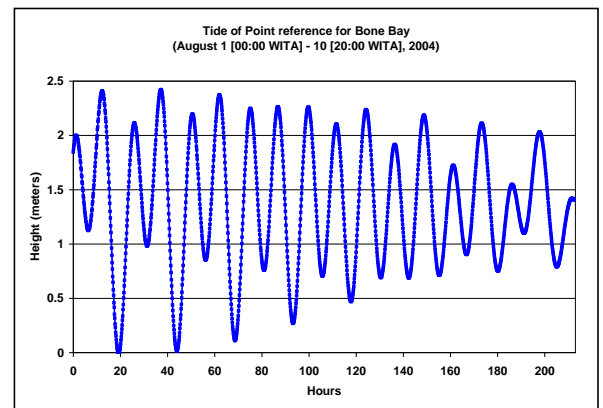
Profil Arus Di Teluk Bone

Dalam simulasi model arus 3 dimensi barotropik ini upwelling ditinjau dari parameter arus vertikal yang bergerak dari kedalaman tertentu menuju ke lapisan yang lebih dangkal/permukaan. Hasil simulasi juga menunjukkan adanya fenomena arus sinking/downwelling di sekitar perairan Teluk Bone, tetapi dengan kecepatan yang tidak begitu signifikan. Fenomena upwelling di perairan Teluk Bone terjadi akibat adanya *Ekman Transport* yang menarik massa air permukaan menuju ke Barat dari pantai timur Teluk Bone sehingga massa air dari lapisan di bawahnya naik ke permukaan untuk mengisi kekosongan tersebut. *Ekman transport* yang terjadi diakibatkan oleh angin Tenggara sebagai *wind-driven current*, dimana *Ekman transport* yang dibangkitkan oleh angin memiliki kecepatan maksimum di permukaan dan kecepatan tersebut akan berkurang terhadap kedalaman, kemudian karena arus terkuat ke arah kiri dari arah angin maka dapat dinyatakan bahwa *net transport* akan ke arah kiri dari arah angin (Pond dan Pickard, 1995).

Profil Arus Tanjung Siwa - Wawo

Pada saat menjelang pasang, kondisi Purnama secara umum kecepatan arus vertikal pada lintang grid $j=19$ umumnya berkisar antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $10,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Kecepatan arus pada kedalaman 0 hingga 20 m berada pada

kisaran $4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $10,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, sedangkan pada lapisan berikutnya yaitu hingga kedalaman 40 meter kecepatan berkisar $1,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $6 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, arah arus kedua lapisan tersebut dominan menuju ke arah Barat, dimana kecepatan semakin melemah ketika mendekati ke dua sisi pantai (lihat **Gambar 4.a**).



Gambar 2. Elevasi Pasang Surut di Teluk Bone

Dinamika arus vertikal mulai terlihat pada kedalaman 60 meter hingga ke lapisan kolom air yang mendekati dasar perairan. Peristiwa *front* arus terlihat pada jarak sekitar 2 kilometer dari pantai barat, dimana terjadi pertemuan antara kolom arus *upwelling* dan kolom arus *downwelling*, dimana arus vertikal menuju ke atas tersebut mulai terjadi dari kedalaman sekitar 200 meter menuju kedalaman 60 meter dengan kecepatan berkisar $3 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $3,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Peristiwa arus vertikal menuju ke atas juga terjadi pada jarak sekitar 2,7 kilometer dari pantai timur, yang terjadi pada kedalaman sekitar 140 meter menuju ke kedalaman 75 meter dengan kekuatan yang sangat kecil. Peristiwa upwelling juga terjadi di atas basin kecil yang berjarak sekitar 1 kilometer dari pantai timur, dengan kecepatan arus vertikal ke atas sekitar $1 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $3,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ (lihat **Gambar 4.a**).

Pada saat pasang, kondisi Purnama secara umum kecepatan arus vertikal pada lintang grid $j=19$ umumnya berkisar antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $8,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Kecepatan arus pada kedalaman 0 hingga 20

m berada pada kisaran $2,1 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $8,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, sedangkan pada lapisan berikutnya yaitu hingga kedalaman 40 meter kecepatan berkisar $0,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $4,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, arah arus kedua lapisan tersebut dominan menuju ke arah Barat, dimana kecepatan semakin melemah ketika mendekati ke dua sisi pantai (lihat **Gambar 4.b**). Dinamika arus vertikal mulai terlihat pada kedalaman 60 meter hingga ke lapisan kolom air yang mendekati dasar perairan. Peristiwa *upwelling* kuat pada periode ini terlihat pada jarak sekitar 1 kilometer dari pantai barat dengan kisaran $1,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ sampai dengan $2,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, dimana mulai terjadi dari kedalaman 280 meter hingga 250 meter menuju ke kedalaman 60 meter. Peristiwa *front* arus terlihat pada jarak sekitar 2 kilometer dari pantai barat, dimana terjadi pertemuan antara kolom arus *upwelling* dan kolom arus *downwelling*, dimana arus vertikal menuju ke bawah tersebut mulai terjadi dari kedalaman sekitar 75 meter menuju kedalaman 350 meter dengan kecepatan berkisar $1 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $1,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Peristiwa arus vertikal menuju ke atas juga terjadi pada jarak sekitar 2 kilometer dari pantai timur, yang terjadi pada kedalaman sekitar 200 meter menuju ke kedalaman 60 meter dengan kekuatan yang lebih kecil. Peristiwa *upwelling* juga terjadi di atas basin kecil yang berjarak sekitar 5 meter dari pantai timur, dengan kecepatan arus vertikal ke atas sekitar $1 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $1,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ (lihat **Gambar 4.b**).

Pada saat menjelang surut, kondisi Purnama secara umum kecepatan arus vertikal pada lintang grid $j=19$ umumnya berkisar antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $9,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Kecepatan arus pada kedalaman 0 hingga 20 m berada pada kisaran $0,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $9,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, sedangkan pada lapisan berikutnya yaitu hingga kedalaman 40 meter kecepatan berkisar $1,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $6,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, arah arus kedua lapisan tersebut dominan menuju ke arah Barat, dimana kecepatan semakin melemah ketika mendekati ke dua sisi pantai (lihat **Gambar 4.c**). Dinamika arus vertikal mulai

terlihat pada kedalaman 60 meter hingga ke lapisan kolom air yang mendekati dasar perairan. Peristiwa *upwelling* kuat terlihat pada jarak sekitar 1 kilometer dari pantai barat dengan kisaran $6 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ sampai dengan $7,6 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, dimana mulai terjadi dari kedalaman 275 meter hingga 250 meter menuju ke kedalaman 60 meter. Peristiwa *front* arus terlihat pada jarak sekitar 2 kilometer dari pantai barat, dimana terjadi pertemuan antara kolom arus *upwelling* dan kolom arus *downwelling*, dimana arus vertikal menuju ke bawah tersebut mulai terjadi dari kedalaman sekitar 75 meter menuju kedalaman 180 meter dengan kecepatan berkisar $4,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $4,6 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Peristiwa arus vertikal menuju ke atas juga terjadi pada jarak sekitar 2,7 kilometer dari pantai timur, yang terjadi pada kedalaman sekitar 325 meter menuju ke kedalaman 60 meter dengan kekuatan yang lebih kecil. Peristiwa *upwelling* juga terjadi di atas basin kecil yang berjarak sekitar 500 meter dari pantai timur, dengan kecepatan arus vertikal ke atas sekitar $0,6 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $0,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ (lihat **Gambar 4.c**).

Pada saat surut, kondisi Purnama secara umum kecepatan arus vertikal pada lintang grid $j=19$ umumnya berkisar antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $8,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Kecepatan arus pada kedalaman 0 hingga 20 m berada pada kisaran $2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $8,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, sedangkan pada lapisan berikutnya yaitu hingga kedalaman 40 meter kecepatan berkisar $1 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $3 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, arah arus kedua lapisan tersebut dominan menuju ke arah Barat, dimana kecepatan semakin melemah ketika mendekati ke dua sisi pantai (lihat **Gambar 4.d**). Dinamika arus vertikal mulai terlihat pada kedalaman 60 meter hingga ke lapisan kolom air yang mendekati dasar perairan. Peristiwa arus vertikal menuju ke atas juga terjadi pada jarak sekitar 2,7 kilometer dari pantai timur, yang terjadi pada kedalaman sekitar 200 meter menuju ke kedalaman 60 meter dengan kekuatan yang sangat kecil. Peristiwa *upwelling* juga terjadi di atas basin kecil yang berjarak sekitar 1 kilometer dari

pantai timur, dengan kecepatan arus vertikal ke atas sekitar $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $0,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ (lihat **Gambar 4.d**).

Profil Arus Muranti - Susua

Pada saat menjelang pasang, kondisi Purnama secara umum kecepatan arus vertikal pada lintang grid $j=33$ umumnya berkisar antara $1 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $7,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Kecepatan arus pada kedalaman 0 hingga 20 m berada pada kisaran $3 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $7,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, sedangkan pada lapisan berikutnya yaitu hingga kedalaman 40 meter kecepatan berkisar $1,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $3,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, arah arus kedua lapisan tersebut dominan menuju ke arah Barat, dimana kecepatan semakin melemah ketika mendekati ke dua sisi pantai (lihat **Gambar 5.a**). Dinamika arus vertikal mulai terlihat pada kedalaman 60 meter hingga ke lapisan kolom air yang mendekati dasar perairan (1000 meter). Peristiwa *front* arus tidak terlihat pada kolom air ini. Peristiwa arus vertikal menuju ke atas terjadi pada jarak sekitar 800 meter dari pantai timur, yang terjadi pada kedalaman sekitar 200 meter menuju ke kedalaman 60 meter dengan kekuatan sekitar $1,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $2,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Peristiwa arus vertikal ke atas juga terjadi pada kedalaman 680 meter menuju ke kedalaman 630 meter dengan kecepatan sekitar $1,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $1,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$.

Pada saat pasang, kondisi Purnama secara umum kecepatan arus vertikal pada lintang grid $j=33$ umumnya berkisar antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $7,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Kecepatan arus pada kedalaman 0 hingga 20 m berada pada kisaran $2,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $7,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, sedangkan pada lapisan berikutnya yaitu hingga kedalaman 40 meter kecepatan berkisar $1,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $3,6 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, arah arus kedua lapisan tersebut dominan menuju ke arah Barat, dimana kecepatan semakin melemah ketika mendekati ke dua sisi pantai (lihat **Gambar 5.b**). Dinamika arus vertikal mulai terlihat pada kedalaman 60 meter hingga ke lapisan kolom air yang mendekati dasar perairan (1000 meter). Peristiwa *front* arus tidak

terlihat pada kolom air ini. Peristiwa arus vertikal menuju ke atas (*upwelling*) terjadi di pantai timur pada kedalaman sekitar 720 meter menuju ke kedalaman 60 meter dengan kekuatan sekitar $1,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $2,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, dimana intensitas yang kuat terlihat dimulai dari kedalaman 200 meter menuju ke atas.

Pada saat menjelang surut, kondisi Purnama secara umum kecepatan arus vertikal pada lintang grid $j=33$ umumnya berkisar antara $0,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $8,6 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Kecepatan arus pada kedalaman 0 hingga 20 m berada pada kisaran $2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $8,6 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, sedangkan pada lapisan berikutnya yaitu hingga kedalaman 40 meter kecepatan berkisar $2,6 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $4,6 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, arah arus kedua lapisan tersebut dominan menuju ke arah Barat, dimana kecepatan semakin melemah ketika mendekati ke dua sisi pantai (lihat **Gambar 5.c**). Dinamika arus vertikal mulai terlihat pada kedalaman 60 meter hingga ke lapisan kolom air yang mendekati dasar perairan (1000 meter). Peristiwa *front* arus tidak terlihat pada kolom air ini. Peristiwa arus vertikal menuju ke atas (*upwelling*) terjadi di pantai timur pada kedalaman sekitar 780 meter menuju ke kedalaman 60 meter dengan kekuatan sekitar $2,6 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $3,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, dimana intensitas dari lapisan terbawah sudah terlihat kuat ketika menuju ke atas.

Pada saat surut, kondisi Purnama secara umum kecepatan arus vertikal pada lintang grid $j=33$ umumnya berkisar antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $8,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Kecepatan arus pada kedalaman 0 hingga 20 m berada pada kisaran $1,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $8,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, sedangkan pada lapisan berikutnya yaitu hingga kedalaman 40 meter kecepatan berkisar $1,6 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $3,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, arah arus kedua lapisan tersebut dominan menuju ke arah Barat, dimana kecepatan semakin melemah ketika mendekati ke dua sisi pantai (lihat **Gambar 5.d**). Dinamika arus vertikal mulai terlihat pada kedalaman 60 meter hingga ke lapisan kolom air yang mendekati dasar perairan (1000 meter). Pertemuan arus vertikal keatas

dan kebawah terlihat di lapisan kolom air pada kedalaman sekitar 700 meter di sisi timur tetapi dengan intensitas kekuatan yang sangat kecil. Peristiwa arus vertikal menuju ke atas (*upwelling*) terjadi di pantai timur pada kedalaman sekitar 430 meter menuju ke kedalaman 60 meter dengan kekuatan sekitar $1,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $2,6 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$.

Profil Arus Suli -Tanjung Tabako

Pada saat menjelang pasang, kondisi Purnama secara umum kecepatan arus vertikal pada lintang grid $j=39$ umumnya berkisar antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $7,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Kecepatan arus pada kedalaman 0 hingga 20 m berada pada kisaran $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $7,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, sedangkan pada lapisan berikutnya yaitu hingga kedalaman 40 meter kecepatan berkisar $1,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $3,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, arah arus kedua lapisan tersebut dominan menuju ke arah Barat, dimana kecepatan semakin melemah ketika mendekati ke dua sisi pantai (lihat **Gambar 6.a**). Dinamika arus vertikal mulai terlihat pada kedalaman 60 meter hingga ke lapisan kolom air yang mendekati dasar perairan (1198 meter). Hasil simulasi memperlihatkan peristiwa arus vertikal, sudut arah-nya terhadap garis permukaan air kurang begitu tajam (tidak tegak lurus). Arus vertikal di pantai barat menuju ke bawah tetapi serong ke arah tengah kolom air pada kedalaman antara 60 meter hingga mencapai kedalaman mendekati dasar perairan dengan kecepatan arus antara $1 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ sampai dengan $1,6 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Peristiwa arus vertikal menuju ke atas terjadi di pantai timur, yang terjadi dari lapisan kolom air terbawah menuju ke kedalaman 60 meter dengan kekuatan sekitar $1,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $2,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, dimana intensitas terkuat pada periode ini terjadi pada kedalaman 200 meter menuju ke atas.

Pada saat pasang, kondisi Purnama secara umum kecepatan arus vertikal pada lintang grid $j=39$ umumnya berkisar antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $7,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Kecepatan arus pada kedalaman 0 hingga 20 m berada pada kisaran $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $7,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, sedangkan pada lapisan

berikutnya yaitu hingga kedalaman 40 meter kecepatan berkisar $1 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $3,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, arah arus kedua lapisan tersebut dominan menuju ke arah Barat, dimana kecepatan semakin melemah ketika mendekati ke dua sisi pantai (lihat **Gambar 6.b**). Dinamika arus vertikal mulai terlihat pada kedalaman 60 meter hingga ke lapisan kolom air yang mendekati dasar perairan (1198 meter). Hasil simulasi memperlihatkan peristiwa arus vertikal, sudut arah-nya terhadap garis permukaan air kurang begitu tajam (tidak tegak lurus). Arus vertikal di pantai barat menuju ke bawah tetapi serong ke arah tengah kolom air pada kedalaman antara 60 meter hingga mencapai kedalaman mendekati dasar perairan dengan kecepatan arus antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ sampai dengan $2,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Peristiwa arus vertikal menuju ke atas terjadi di pantai timur, yang terjadi dari lapisan kolom air terbawah menuju ke kedalaman 60 meter dengan kekuatan sekitar $1,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $2,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, dimana intensitas terkuat pada periode ini terjadi pada kedalaman 200 meter menuju ke atas.

Pada saat menjelang surut, kondisi Purnama secara umum kecepatan arus vertikal pada lintang grid $j=39$ umumnya berkisar antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $8,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Kecepatan arus pada kedalaman 0 hingga 20 m berada pada kisaran $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $8,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, sedangkan pada lapisan berikutnya yaitu hingga kedalaman 40 meter kecepatan berkisar $1 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $4,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, arah arus kedua lapisan tersebut dominan menuju ke arah Barat, dimana kecepatan semakin melemah ketika mendekati ke dua sisi pantai (lihat **Gambar 6.c**). Dinamika arus vertikal mulai terlihat pada kedalaman 60 meter hingga ke lapisan kolom air yang mendekati dasar perairan (1198 meter). Hasil simulasi memperlihatkan peristiwa arus vertikal yang lebih signifikan dibandingkan dengan periode sebelum dan sesudahnya (pada saat menjelang pasang, saat pasang, saat surut). Arus vertikal di pantai barat menuju ke bawah terjadi pada kedalaman antara 60 meter hingga mencapai kedalaman 480

meter dengan kecepatan arus antara $2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ sampai dengan $2,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Peristiwa arus vertikal menuju ke atas dominan terjadi di pantai timur, yang terjadi dari lapisan kolom air terbawah menuju ke kedalaman 60 meter dengan kekuatan sekitar $2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $2,6 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, dimana intensitas terkuat pada periode ini terjadi pada lapisan kolom air terdasar menuju ke atas.

Pada saat surut, kondisi Purnama secara umum kecepatan arus vertikal pada lintang grid $j=39$ umumnya berkisar antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $8,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Kecepatan arus pada kedalaman 0 hingga 20 m berada pada kisaran $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $8,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, sedangkan pada lapisan berikutnya yaitu hingga kedalaman 40 meter kecepatan berkisar $1 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $3,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, arah arus kedua lapisan tersebut dominan menuju ke arah Barat, dimana kecepatan semakin melemah ketika mendekati ke dua sisi pantai (lihat **Gambar 6.d**). Dinamika arus vertikal mulai terlihat pada kedalaman 60 meter hingga ke lapisan kolom air yang mendekati dasar perairan (1198 meter). Arus vertikal di pantai barat menuju ke bawah terjadi pada kedalaman antara 60 meter hingga mencapai lapisan kolom air terbawah dengan kecepatan arus antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ sampai dengan $1,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Peristiwa arus vertikal menuju ke atas dominan terjadi di pantai timur, yang terjadi dari lapisan kolom air terbawah menuju ke kedalaman 60 meter dengan kisaran kekuatan kurang lebih sama dengan kekuatan *downwelling*, dimana intensitas terkuat pada periode ini terjadi pada kedalaman 200 meter menuju ke atas.

Profil Arus Palopo-Leleuwau

Pada saat menjelang pasang, kondisi Purnama secara umum kecepatan arus vertikal pada lintang grid $j=75$ umumnya berkisar antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $7,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Kecepatan arus pada kedalaman 0 hingga 20 m berada pada kisaran $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $7,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, dimana arah arus pada lapisan tersebut dominan menuju ke arah Barat, dimana kecepatan semakin melemah ketika mendekati ke dua sisi pantai

(lihat **Gambar 7.a**). Dinamika arus vertikal mulai terlihat pada kedalaman 30 meter hingga ke lapisan kolom air yang mendekati dasar perairan (70 meter). Arus vertikal di pantai barat pada kedalaman antara 60 meter menuju ke timur hingga mencapai 3 kilometer dari pantai dengan kecepatan arus antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ sampai dengan $1,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Arus tersebut kemudian mengalami perubahan arah menuju vertikal ke atas hingga jarak 1,6 kilometer sebelum pantai timur, selanjutnya semakin mendekati pantai timur arah arus ada yang berubah menuju ke bawah dan ke atas. Pada saat arus menuju vertikal ke atas, kekuatannya berkisar antara $2,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $5,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Peristiwa arus vertikal menuju ke atas juga terlihat pada jarak sekitar 1,8 kilometer dari pantai timur di kedalaman 40 meter hingga 50 meter dengan kekuatan sekitar $3 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $4,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$.

Pada saat pasang, kondisi Purnama secara umum kecepatan arus vertikal pada lintang grid $j=75$ umumnya berkisar antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $5,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Kecepatan arus pada kedalaman 0 hingga 20 m berada pada kisaran $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $5,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, dimana arah arus pada lapisan tersebut dominan menuju ke arah Barat, dimana kecepatan semakin melemah ketika mendekati ke dua sisi pantai (lihat **Gambar 7.b**). Dinamika arus vertikal mulai terlihat pada kedalaman 30 meter hingga ke lapisan kolom air yang mendekati dasar perairan (70 meter). Arus vertikal di pantai barat pada kedalaman antara 30 meter menuju ke timur hingga mencapai 4 kilometer dari pantai dengan kecepatan arus antara $1,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ sampai dengan $3 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Arus tersebut kemudian mengalami perubahan arah menuju vertikal ke bawah hingga jarak 1 kilometer berikutnya, selanjutnya semakin mendekati pantai timur arah arus ada yang berubah menuju ke atas dan semakin bertambah hingga mencapai sekitar $2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Arus menuju vertikal ke atas juga terlihat pada kedalaman 40 meter, tetapi kekuatannya sangat kecil sekitar $1,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$.

Pada saat menjelang surut, kondisi Purnama secara umum kecepatan arus vertikal pada lintang grid $j=75$ umumnya berkisar antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $6,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Kecepatan arus pada kedalaman 0 hingga 20 m berada pada kisaran $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $6,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, dimana arah arus pada lapisan tersebut dominan menuju ke arah Barat, dimana kecepatan semakin melemah ketika mendekati ke dua sisi pantai (lihat **Gambar 7.c**). Dinamika arus vertikal mulai terlihat pada kedalaman 20 meter hingga ke lapisan kolom air yang mendekati dasar perairan (70 meter) dimana intensitas pada periode ini lebih kuat dibandingkan periode sebelum dan sesudahnya (saat menjelang pasang, saat pasang, dan saat surut). Arus pada kedalaman antara 30 meter menuju ke timur hingga mencapai 4 kilometer dari pantai dengan kecepatan arus antara $3 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ sampai dengan $5,8 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Arus tersebut kemudian mengalami perubahan arah menuju vertikal ke bawah hingga jarak 1,5 kilometer berikutnya, selanjutnya semakin mendekati pantai timur arah arus ada yang berubah menuju ke atas dan semakin bekurang hingga mencapai sekitar $2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Arus menuju vertikal ke atas terlihat pada kedalaman sekitar 45 meter, tetapi kekuatannya sangat kecil sekitar $1,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $1,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Secara umum arus pada kedalaman 20 meter hingga 40 meter ini terlihat bergerak ke timur dan terjadi *down welling* serta *up welling* pada kedalaman 30 meter hingga 40 meter karena terdapat daerah *sill* dan *basin*.

Pada saat surut, kondisi Purnama secara umum kecepatan arus vertikal pada lintang grid $j=75$ umumnya berkisar antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $6,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Kecepatan arus pada kedalaman 0 hingga 20 m berada pada kisaran $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ hingga $6,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$, dimana arah arus pada lapisan tersebut dominan menuju ke arah Barat, dimana kecepatan semakin melemah ketika mendekati ke dua sisi pantai (lihat **Gambar 7.d**). Dinamika arus vertikal mulai terlihat pada kedalaman 20 meter hingga ke lapisan kolom air yang mendekati dasar perairan (70 meter). Arus pada kedalaman antara 30

meter menuju ke timur hingga mencapai 4 kilometer dari pantai dengan intensitas kecepatan arus menguat antara $0,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$ sampai dengan $2,4 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Arus tersebut kemudian mengalami pengurangan intensitas kekuatan dan perubahan arah menuju vertikal ke atas hingga jarak 200 meter berikutnya, selanjutnya semakin mendekati pantai timur arah arus ada yang berubah menuju ke bawah dan berganti ke atas, kecepatan arus juga berubah kembali menguat intensitasnya hingga mencapai sekitar $2,5 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Arus menuju vertikal ke atas juga terlihat pada kedalaman sekitar 45 meter, tetapi kekuatannya sangat kecil sekitar $3,2 \times 10^{-3} \text{ m/dt}$. Secara umum arus pada kedalaman 20 meter hingga 40 meter ini terlihat bergerak ke timur dan terjadi *down welling* serta *up welling* pada kedalaman 30 meter hingga 40 meter karena terdapat daerah *sill* dan *basin*.

Hasil serupa dinyatakan oleh Kemili dan Putri (2012) bahwa di Teluk Bone dan Laut Maluku terjadinya upwelling setiap musim timur dengan durasi hanya 2–3 bulan yang terjadi sepanjang bulan Juni - September dan intensitas upwelling yang bervariasi, ditunjukkan dengan penurunan temperatur berkisar $0,5-1,8 \text{ }^\circ\text{C}$ di bawah rata-rata perairan dan peningkatan rata-rata produksi primer bersih mencapai 300-400 mg/cm² per hari.

Kesesuaian Arus untuk Budidaya Laut di Teluk Bone

Arus pada periode monsun tenggara di Teluk Bone sesuai untuk beberapa usaha budidaya laut antara lain rumput laut, keramba jaring apung yang sudah berkembang dan juga untuk budidaya tiram mutiara. Dalam **Tabel 2** terlihat bahwa pesisir Palopo, Suli dan Muranti yang berjarak 250 dari tepi pantai merupakan daerah yang baik untuk budidaya rumput laut, ikan dalam keramba jaring apung (KJA) dan tiram mutiara. Khusus di Palopo, lokasi ini akan didukung suplai nutrisi yang cukup dengan adanya *upwelling* maupun *downwelling*. Sedangkan di Suli dan Muranti arus vertikal cenderung turun sehingga terjadi *downwelling*. Daerah

yang baik untuk rumput laut dan ikan dalam KJA namun kesesuaiannya sedang untuk tiram mutiara adalah Lelewau berjarak 250 meter dari pantai dan Palopo berjarak 500 meter dari pantai. Di kedua daerah tersebut terjadi *upwelling* yang dapat mensuplai ketersediaan nutrisi bagi organisme laut. Daerah yang baik untuk ikan dalam KJA, sedang untuk rumput laut tetapi kurang untuk tiram mutiara adalah Wawo, Susua, Tanjung Tabako, Tanjung Siwa yang masing-masing berjarak 250 dari tepi pantai serta Suli dan Palopo yang masing-masing berjarak 500 dan 1000 m dari tepi pantai. Daerah dengan kesesuaian sedang untuk KJA, namun kurang untuk rumput laut dan tiram mutiara adalah Wawo, Susua, Tanjung Tabako, Lelewau, Muranti dan Tanjung Siwa yang masing-masing berjarak 500 hingga 1000 meter dari tepi pantai. Sedangkan lokasi yang berjarak 1000 meter dari pesisir Tanjung Siwa berkategori kurang untuk seluruh usaha budidaya laut.

KESIMPULAN

Hasil simulasi pemodelan maka didapatkan kesimpulan fenomena yang terjadi pada periode Monsun Tenggara (Bulan Agustus 2004) adalah elevasi permukaan laut pada kondisi Pasang Purnama adalah berkisar 0,0492 meter hingga 2,4140 meter. Sedangkan kecepatan arus permukaan pada kondisi yang sama berkisar $0,5 \times 10^{-3}$ m/dt hingga $12,25 \times 10^{-3}$ m/dt, dengan arah dominan menyusur pantai timur yang kemudian menuju ke arah Utara dan Barat. Profil arus menunjukkan adanya peristiwa *downwelling* di beberapa lokasi di pantai barat dan *upwelling* di beberapa lokasi di pantai timur. Dimana kisaran kecepatan arus vertikal yang menuju ke atas adalah $0,5 \times 10^{-3}$ m/dt hingga $3,5 \times 10^{-3}$ m/dt, sedangkan kisaran kecepatan arus vertikal yang menuju ke bawah adalah $0,5 \times 10^{-3}$ m/dt hingga $4,6 \times 10^{-3}$ m/dt. Kondisi arus vertikal ke atas dari hasil simulasi model dalam hal ini didukung oleh kondisi parameter CTD di Stasiun 1 yang mengindikasikan memang adanya *upwelling*.

Pada periode Monsun Tenggara ini kecepatan arus permukaan di Teluk Bone berada dalam kondisi yang mendukung perikanan budidaya laut karena masih berada dalam standar UNDP/FAO yaitu <100 cm/det. Kecepatan arus vertikal *upwelling* dan *downwelling* yang rendah di Teluk Bone pada periode Monsun Tenggara membuat pengadukan nutrisi tidak terlalu kuat. Hal tersebut membuat nutrisi tidak drastis fluktuasinya sehingga dapat dimanfaatkan oleh fitoplankton dan membuat kesuburan perairan dalam kondisi yang stabil.

Daerah yang arus permukaannya berada dalam kategori kesesuaian baik untuk usaha budidaya rumput laut, ikan dalam KJA dan tiram mutiara serta didukung dengan adanya *upwelling* dan *downwelling* adalah Palopo, Suli dan Muranti yang berjarak 250 meter dari tepi pantai. Seluruh daerah tersebut berada di pesisir Sulawesi Selatan.

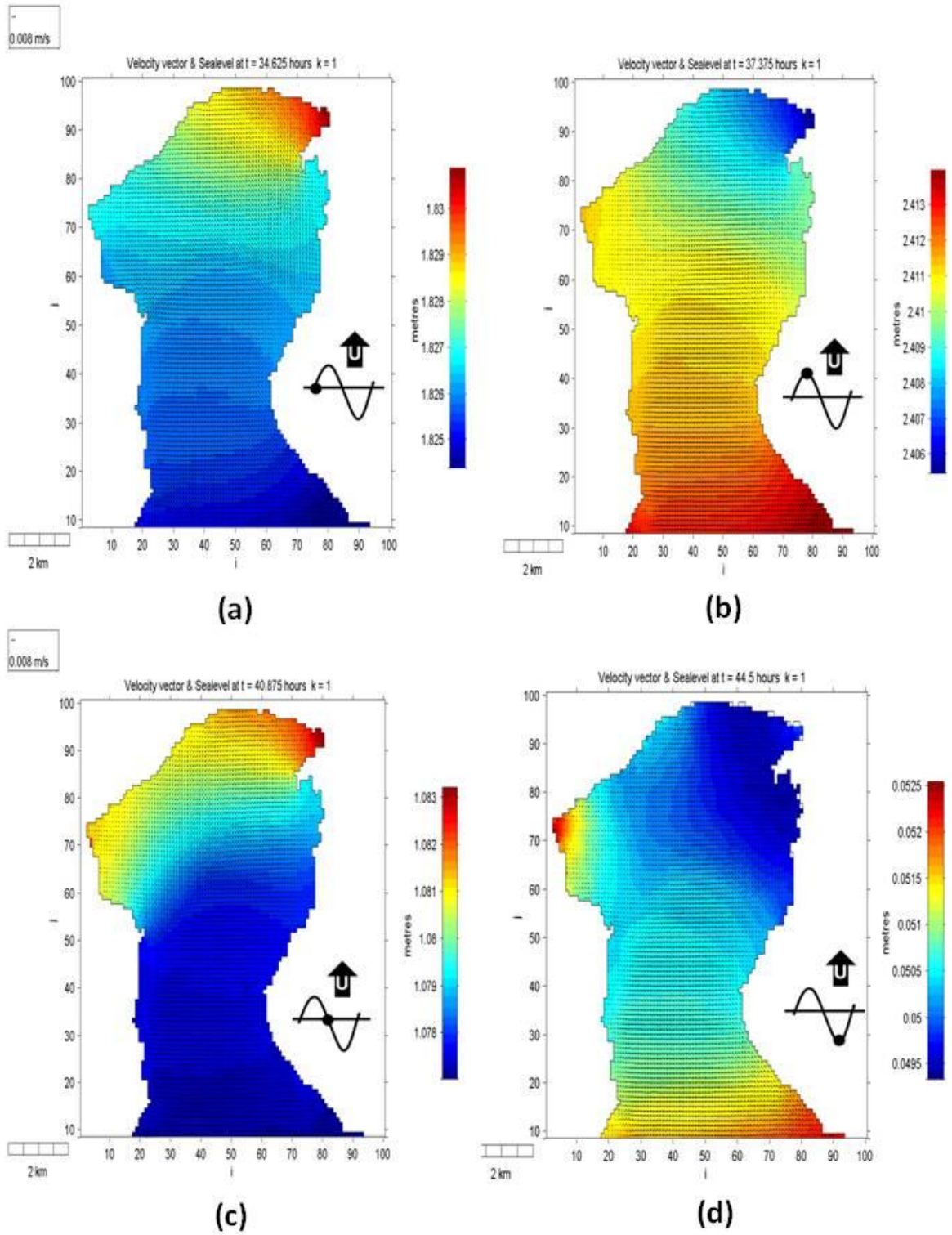
PERSANTUNAN

Kegiatan penelitian ini merupakan hasil pengukuran oleh Tim Survei Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir yang didanai oleh APBN DIPA Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir (P3SDLP) Tahun 2004. Pemodelan dilakukan di Laboratorium Data Laut dan Pesisir, didanai APBN DIPA Tahun 2013 dan penerbitan didanai APBN DIPA Tahun 2014 pada Pusat Litbang yang sama. Model 3DD adalah software model dengan kepemilikan lisensi dari Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Non-Hayati, Badan Riset Kelautan dan Perikanan (PRWLSNH, BRKP) sebagai nomenklatur P3SDLP-Badan Litbang KP sebelum tahun 2009/2010.

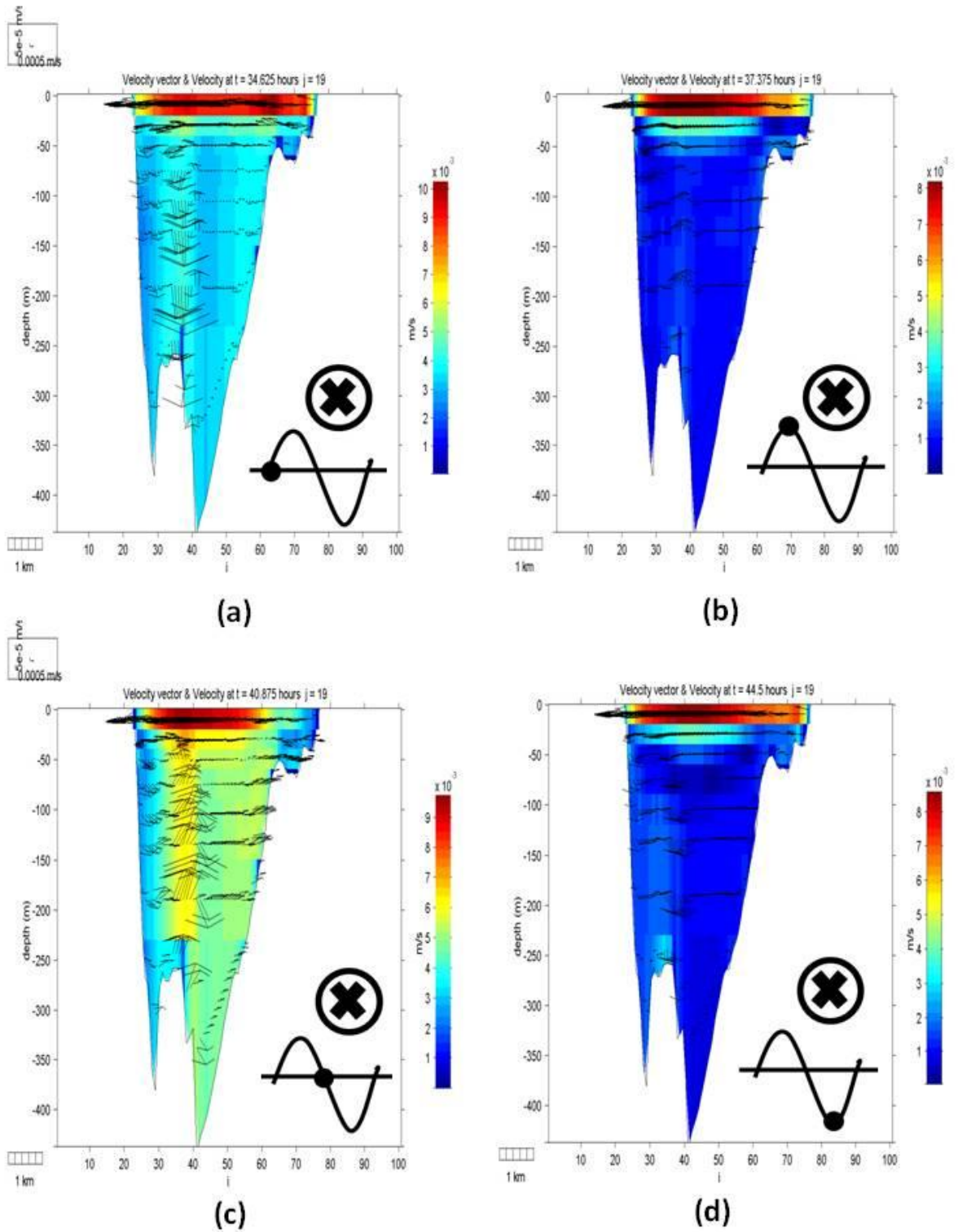
DAFTAR PUSTAKA

Black, K.P., 2002. Model 3DD Descriptions and User's Guide. ASR Ltd. Hamilton – New Zealand.

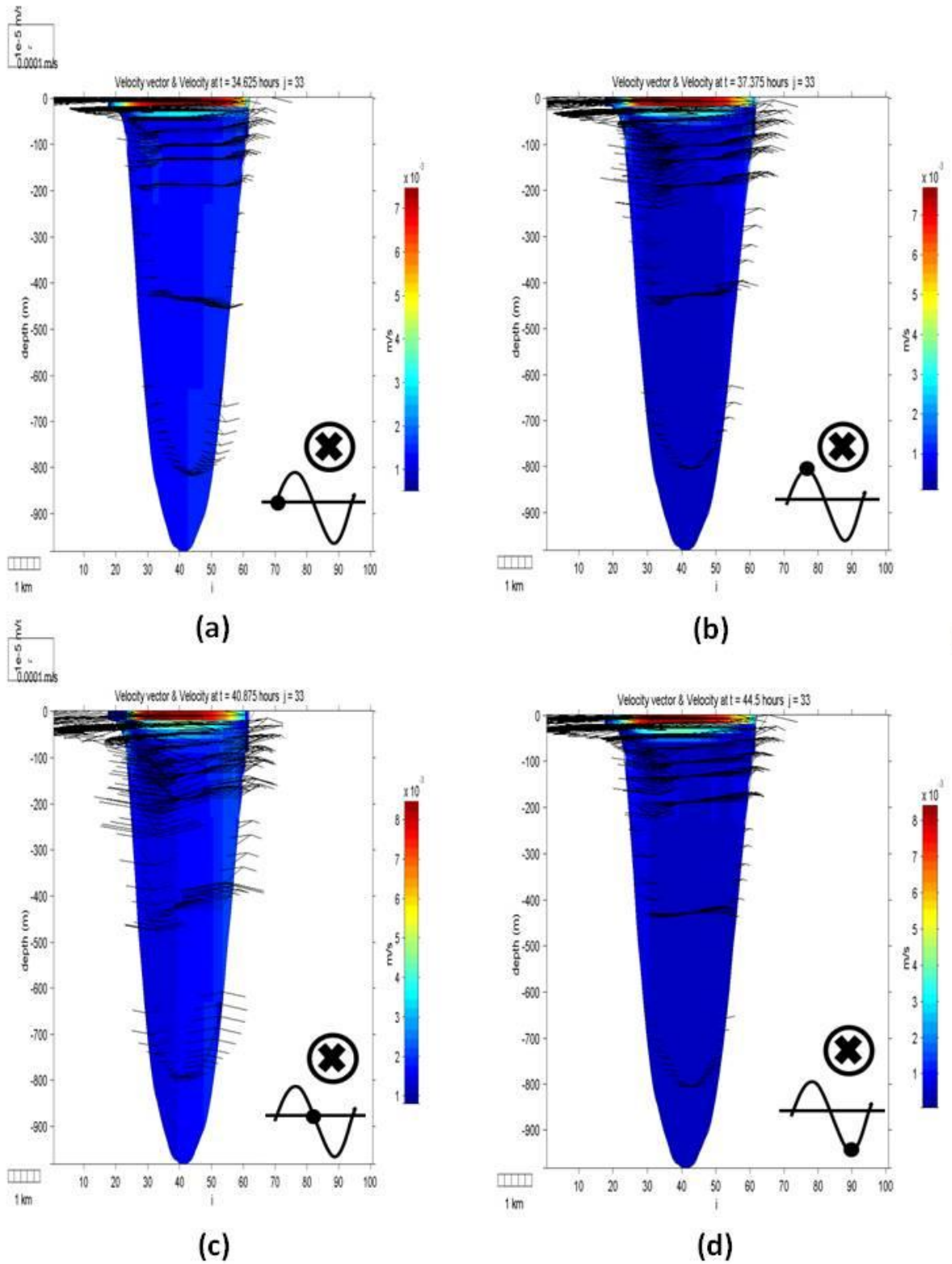
- Hatayama, T., Awaji, T., Akimoto, K.,** 1996. Tidal Currents in the Indonesian Seas and Their Effect on Transport and Mixing. *Journal of Geophysical Research*, 101, No. C5, American Geophysical Union, 12353-12373
- Kangkan, Alexander L., Agus Hartoko dan Suminto.** 2007. Studi Penentuan Lokasi Untuk Pengembangan Budidaya Laut Berdasarkan Parameter Fisika, Kimia Dan Biologi Di Teluk Kupang, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Pasir Laut* 3:1, Hlm 76-93.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan,** 2008. Kelola Teluk Bone Secara Terpadu, DKP Siapkan SDM Kelautan Dan Perikanan Berkualitas. <http://www.kkp.go.id/index.php/arsip/c/107/>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan,** 2009. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor: PER.01/MEN/2009 tentang Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia (WPP-RI).
- Kemili P. dan Putri M.R.,** 2012. Pengaruh Durasi dan Intensitas Upwelling Berdasarkan Anali Suhu Permukaan Laut Terhadap Variabilitas Produktivitas Primer di Perairan Indonesesia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 4:1, Hlm. 66-79.
- Kurniawati, N.,** 2003. Kajian Massa Air dan Dinamika Arus di Selat Sunda. Tesis Magister, Bidang Khusus Oseanografi, Program Studi Oseanografi dan Sains Atmosfer, Program Pascasarjana, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Matsumoto, K.,** 1996. ORI Description dalam A Collection of Global Ocean Tide Models CD ROM. Jet Propulsion Laboratory, Physical Oceanography Distributed Active Archieve Center, NASA, US.
- Pauly, D., and V. Christensen.** 1995. Primary Production required to sustain global fisheries. *Nature* (374): 255-257
- Pawlowicz, R., Beardsley, B., Lentz, S.,** 2002. Classical Tidal Harmonic Analysis Including Error Estimates in MATLAB using T_TIDE. *Computer and Geosciences*, 28, p. 929-937.
- Pond, S., G. L. Pickard.,** 1995. "Introductory Dynamical Oceanography", 2nd Edition, Butterworth-Heinemann, Oxford.



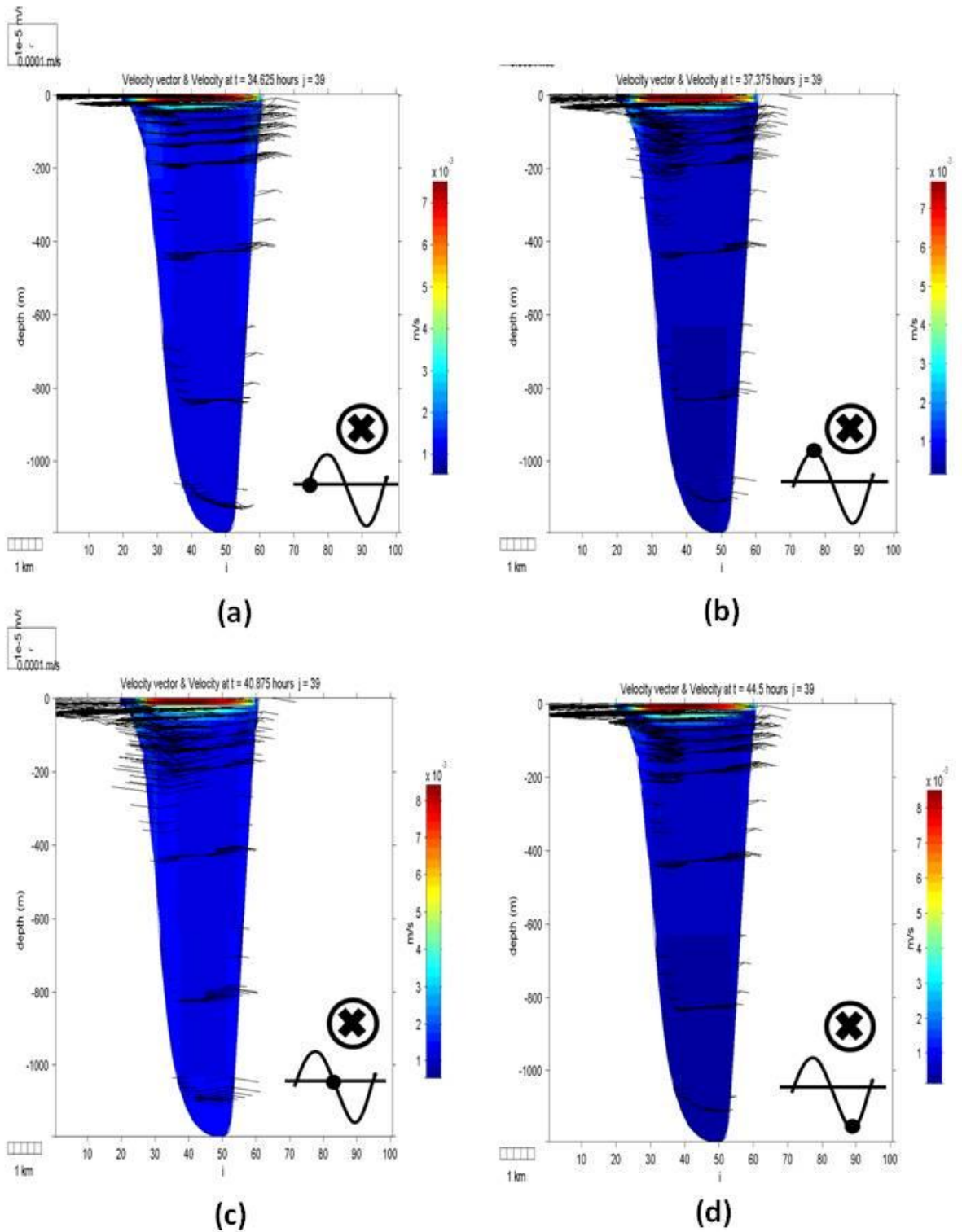
Gambar 3. Pola arus permukaan & sebaran muka air laut di Teluk Bone pada Kondisi Pasang Purnama, saat air (a) menjelang pasang, (b) pasang, (c) menjelang surut, (d) surut.



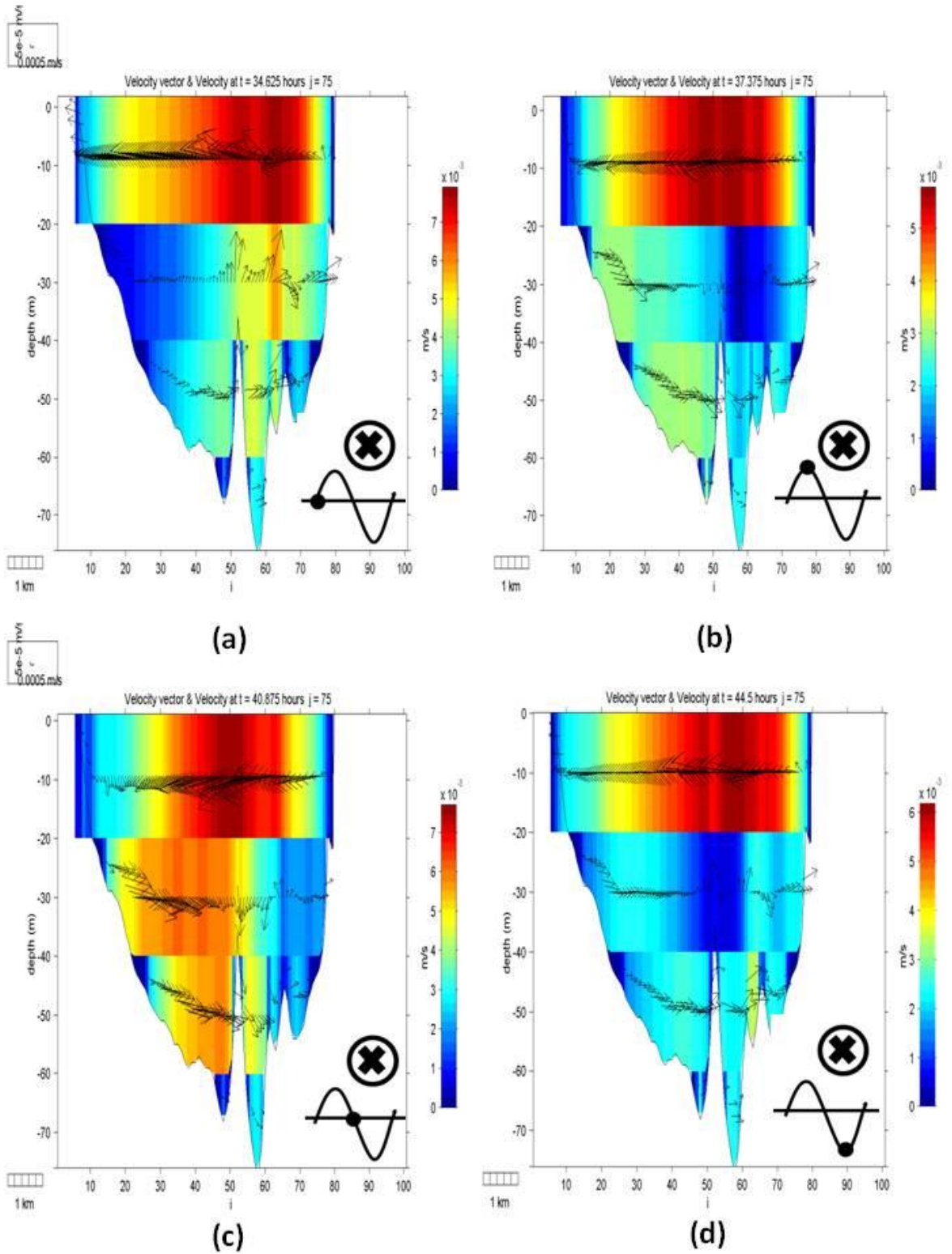
Gambar 4. Profil arus potongan melintang Tg. Siwa – Wawo pada Kondisi Purnama, saat air (a) menjelang pasang, (b) pasang, (c) menjelang surut, (d) surut



Gambar 5. Profil arus potongan melintang Muranti – Susua pada Kondisi Purnama, saat air (a) menjelang pasang, (b) pasang, (c) menjelang surut, (d) surut.



Gambar 6. Profil arus potongan melintang Suli – Tabako pada Kondisi Purnama, saat air (a) menjelang pasang, (b) pasang, (c) menjelang surut, (d) surut.



Gambar 7. Profil arus potongan melintang Palopo – Lelewu saat air (a) menjelang pasang, (b) pasang, (c) menjelang surut, (d) surut.

Tabel 1. Desain Model Hidrodinamika

No	Parameter	Harga	Satuan
1	X Grid Size	100	meter
2	Y Grid Size	100	meter
3	Number of X (I)	100	cells
4	Number of Y (J)	100	cells
5	Time step	0,45	detik
6	First time step	1	
7	Last time step	1700000	detik
8	Roughness length	1	m
9	Effective depth	0,3	m
10	Drying height	0,05	m
11	Initial sea level	99	Set by model
12	Latitude in the centre of the grid	-3,5	derajat
13	Orientation of the grid relative to true north	0	derajat
14	Horizontal eddy viscosity (uniform and constant)	3	
15	Horizontal eddy viscosity multiplication factor	1	
16	Number of horizontal eddy viscosity multiplying steps	1	
17	Coastal slip	95	%
18	Non-linear term treatment 0-none; 4-third order	4	
19	Wind speed (uniform And constant)	2,08	m/detik
20	Wind direction (uniform And constant)	116	derajat
21	Barometric pressure	0	
22	Vertical eddy viscosity type	Mixing #1	

Tabel 2. Kesesuaian Arus Permukaan dan Indikasi *Upwelling-Downwelling* dalam Mendukung Budidaya Laut di Teluk Bone Pada Periode Monsun Tenggara

Kriteria kesesuaian arus laut untuk budidaya rumput laut (RL), ikan KJA dan tiram mutiara (TM)	Lokasi	Rerata* arus permukaan (m/s) pada beberapa jarak dari pantai dan status kesesuaiannya						Indikasi keberadaan arus vertikal	
		250 meter	status	500 meter	status	1000 meter	status	upwelling	downwelling
baik 0,2-0,3 m/s (RL) 0,2-0,5 m/s (KJA) 0,15-0,25 m/s (TM)	Wawo	0,35 m/s	baik untuk KJA, sedang untuk rumput laut, kurang untuk tiram mutiara	0,55 m/s	sedang untuk KJA, kurang untuk rumput laut dan tiram mutiara	0,65 m/s	sedang untuk KJA, kurang untuk rumput laut dan tiram mutiara	2,7 km dari pantai pada kedalaman 140 menuju 75 m	
	Susua	0,33 m/s	baik untuk KJA, sedang untuk rumput laut, kurang untuk tiram mutiara	0,58 m/s	sedang untuk KJA, kurang untuk rumput laut dan tiram mutiara	0,60 m/s	sedang untuk KJA, kurang untuk rumput laut dan tiram mutiara	800 m dari pantai pada kedalaman 200 menuju 60 m	
	Tg. Tabako	0,35 m/s	baik untuk KJA, sedang untuk rumput laut, kurang untuk tiram mutiara	0,58 m/s	sedang untuk KJA, kurang untuk rumput laut dan tiram mutiara	0,60 m/s	sedang untuk KJA, kurang untuk rumput laut dan tiram mutiara	1 km dari pantai pada kedalaman 200 menuju 60 m	
sedang 0,1-0,2 ; 0,3-0,4 (RL) 0,1-0,2 ; 0,5-0,75 (KJA) 0,1-0,15 ; 0,25-0,3 (TM)	Lelewau	0,30 m/s	baik untuk KJA dan rumput laut, sedang untuk tiram mutiara	0,50 m/s	sedang untuk KJA, kurang untuk rumput laut dan tiram mutiara	0,53 m/s	sedang untuk KJA, kurang untuk rumput laut dan tiram mutiara	1,8 km dari pantai pada kedalaman 200 menuju 40 m	
	Palopo	0,21 m/s	baik untuk rumput laut, KJA dan tiram mutiara	0,30 m/s	baik untuk KJA dan rumput laut, sedang untuk tiram mutiara	0,39 m/s	baik untuk KJA, sedang untuk rumput laut, kurang untuk tiram mutiara	4 km dari pantai pada kedalaman 200 menuju 40 m	4 km dari pantai pada kedalaman 20 menuju 40 m
kurang < 0,1 ; > 0,4 (RL) < 0,1 ; > 0,75 (KJA) < 0,1 ; > 0,3 (TM)	Suli	0,13 m/s	baik untuk rumput laut, KJA dan tiram mutiara	0,33 m/s	baik untuk KJA, sedang untuk rumput laut, kurang untuk tiram mutiara	0,63 m/s	sedang untuk KJA, kurang untuk rumput laut dan tiram mutiara		1 km dari pantai pada kedalaman 60 menuju dasar
	Muranti	0,2 m/s	baik untuk rumput laut, KJA dan tiram mutiara	0,50 m/s	sedang untuk KJA, kurang untuk rumput laut dan tiram mutiara	0,73 m/s	sedang untuk KJA, kurang untuk rumput laut dan tiram mutiara		1,2 km dari pantai pada kedalaman 410 menuju 800 m
	Tg. Siwa	0,45 m/s	baik untuk KJA, sedang untuk rumput laut, kurang untuk tiram mutiara	0,65 m/s	sedang untuk KJA, kurang untuk rumput laut dan tiram mutiara	0,93 m/s	kurang untuk rumput laut, KJA dan tiram mutiara	1 km dari pantai pada kedalaman 280 menuju 80 m	1 km dari pantai pada kedalaman 60 menuju 300 m

* rerata dihitung dari kecepatan arus relatif menjelang pasang, pasang, menjelang surut dan surut saat Purnama