

KARAKTERISTIK ARUS LAUT PERAIRAN TELUK BENOA – BALI

(Characteristics of Sea Current in Benoa Bay Waters – Bali)

Try Al Tanto¹, Ulung Jantama Wisha¹, Gunardi Kusumah¹, Widodo S. Pranowo², Semeidi Husrin²,
Ilham¹, dan Aprizon Putra¹

¹Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir, BRSDMKP KKP

²Pusat Riset Kelautan, BRSDMKP KKP

Jalan Raya Padang – Painan Km.16 Bungus – Kota Padang

E-mail: try.altanto@gmail.com

Diterima (received): 07 Maret 2017; Direvisi (revised): 17 Mei 2017; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 19 Juli 2017

ABSTRAK

Perairan Teluk Benoa merupakan kawasan semi tertutup dengan mulut sempit yang memisahkan antara Pulau Serangan dan Tanjung Benoa. Arus laut perairan Teluk Benoa, yang dekat pantai berperan penting dalam proses transpor sedimen di daerah pantai yang merupakan daerah gelombang mulai pecah hingga ke arah garis pantai. Tujuan penelitian adalah mengetahui karakteristik arus laut yang terjadi, analisis dari penyajian secara *scatter plot* dan *stic plot*, sehingga diketahui faktor dominan pembangkit arus tersebut. Data arus laut diperoleh dari hasil pengukuran pihak swasta menggunakan alat ukur ADCP. Analisis arus laut dengan *scatter* dan *stic plot* untuk melihat arah dominan arus, serta melihat hubungan kejadian arus dengan pasang surut air laut, selain itu juga dengan perhitungan kisaran kecepatan arus yang terjadi selama pengukuran. Hasil yang diperoleh adalah arus laut di perairan Teluk Benoa berkisar antara 0,001 - 1,715 m/s (pengamatan bulan Juni - Juli 2015). Kecepatan arus pada mulut teluk lebih besar (maksimal sebesar 1,715 m/s), sedangkan di dalam teluk kecepatan arus lebih rendah (maksimal sebesar 0,883 m/s). Pada saat air pasang, arah arus dominan ke arah dalam teluk dan saat air laut surut arah dominan arus ke arah luar teluk. Kesimpulan yang diperoleh adalah kejadian arus laut di perairan Teluk Benoa lebih dominan berupa arus pasang surut. Saat kondisi bulan purnama kecepatan arus lebih tinggi dari pada saat posisi bulan separuh (kuarter pertama atau ketiga). Pada umumnya, pada mulut teluk memiliki arus yang cukup tinggi sebagai akibat celah sempit, dengan pola yang tidak beraturan akibat pengaruh perlintasan kapal dan aktivitas keluar masuk teluk.

Kata kunci: arus laut, karakteristik arus laut, arus pasang surut, Teluk Benoa

ABSTRACT

Benoa Bay waters is a semi-enclosed area with quite a narrow mouth that separates the Serangan Island and Tanjung Benoa. Ocean currents in Benoa Bay, which is close to the beach plays an important role in the process of sediment transport in the beach area where is the waves began to break up towards the shoreline. The research objective was to know the characteristics of ocean currents that occur, from the analysis of the scatter and stic plot, so it's known that the dominant factor of the current generator. The data of ocean currents obtained from the measurement of private parties using ADCP measuring instrument. Analysis of ocean currents with scatter and stic plot to see the dominant direction of current, and to see the relationship of current occurrence with the tide, besides also with calculation of current velocity. The results obtained are ocean currents in the Benoa Bay waters ranged from 0,001 to 1,715 m/s (observations in June-July 2015). Flow velocity at the mouth of the bay is greater (maximum of 1,715 m/s), while in the lower bay flow speed (maximum of 0,883 m/s). At high tide, the dominant current direction towards the bay and vice versa during low tide predominant direction of flow towards the outside of the bay. The conclusion is the incidence of ocean currents in the Benoa Bay waters is predominantly influenced by the tidal current. When the full moon conditions the current velocity is higher than at half month position. In general, at the mouth of the bay has a current high enough as a result of the narrow gap, with irregular pattern due to the influence and activities of ship crossings in and out of the bay.

Keywords: ocean current, characteristics of ocean current, tidal current, Benoa Bay

PENDAHULUAN

Wilayah perairan Teluk Benoa terletak pada bagian Tenggara Pulau Bali, merupakan kawasan semi tertutup dengan mulut teluk cukup sempit yang

memisahkan antara Pulau Serangan dan Tanjung Benoa. Teluk Benoa merupakan perairan lintas Kabupaten Badung dan Kota Denpasar (Sudiarta *et al.*, 2013), untuk kapal – kapal yang keluar masuk Pelabuhan Benoa, tentunya perairannya sangat

ramai untuk dilintasi. Ditambah lagi, pada kawasan ini juga merupakan salah satu destinasi pariwisata di Pulau Bali, kawasan Teluk Benoa banyak dikunjungi oleh wisatawan baik lokal maupun mancanegara. Selain itu, pada perairannya juga sudah terjadi beberapa reklamasi berupa reklamasi Pulau Serangan, Pelabuhan Benoa, dan juga jalan Tol yang dapat merubah secara signifikan kawasan perairan di dalam teluk. Salah satu parameter di perairan Teluk Benoa yang sangat penting dan mendapatkan pengaruh cukup tinggi dari segala aktivitas yang ada di perairan tersebut adalah arus lautnya.

Arus laut (*sea current*) adalah perpindahan massa air dari satu tempat menuju tempat lain, yang disebabkan oleh berbagai faktor seperti gradien tekanan, hembusan angin, perbedaan densitas, atau pasang surut (Pariwono, 1999). Secara umum, karakteristik arus laut di perairan Indonesia dipengaruhi oleh angin dan pasang surut (Sugianto dan Agus, 2007). Di perairan dangkal (kawasan pantai), arus laut dapat dibangkitkan oleh gelombang laut, pasang surut laut atau sampai tingkat tertentu angin. Di perairan sempit dan semi tertutup seperti selat dan teluk, pasut merupakan gaya penggerak utama sirkulasi massa airnya (Dahuri *et al.*, 2013). Sedangkan arus yang disebabkan oleh angin pada umumnya bersifat musiman, dimana pada satu musim arus mengalir ke satu arah dengan tetap dan pada musim berikutnya akan berubah arah sesuai dengan perubahan arah angin yang terjadi (Pariwono, 1999).

Sistem angin Pasat Timur Laut dan Pasat Tenggara merupakan penyebab utama timbulnya sistem Arus Khatulistiwa (utara dan selatan) yang bergerak ke arah barat, dan Arus Sakal Khatulistiwa yang bergerak ke arah timur (Pranowo *et al.*, 2006). Arus laut perairan Teluk Benoa, yang dekat dengan pantai berperan penting dalam proses transpor sedimen di daerah pantai yaitu daerah *near shore* yang merupakan daerah gelombang mulai pecah hingga ke arah garis pantai. Arus juga dapat menyebabkan terjadinya erosi pada pantai dan gerusan (*scouring*) pada daerah sekitar bangunan pantai (Danial, 2008). Dalam hal ini, pergerakan arus laut di perairan Teluk Benoa juga sangat penting terhadap pergerakan sedimen yang secara umum banyak mengendap pada dasar perairannya. Menurut Sudiarta *et al.* (2013), pergerakan massa air di dalam Teluk Benoa dominan merupakan pergerakan massa air pasang dan surut air laut, sedangkan faktor aliran air sungai sangat kecil pada musim kemarau tetapi signifikan pada musim hujan. Hasil kajian Hendrawan *et al.* (2005), serta Ardana dan Mahendra (2009), menunjukkan bahwa komponen arus pasang surut yang paling berpengaruh di Teluk Benoa adalah komponen M2.

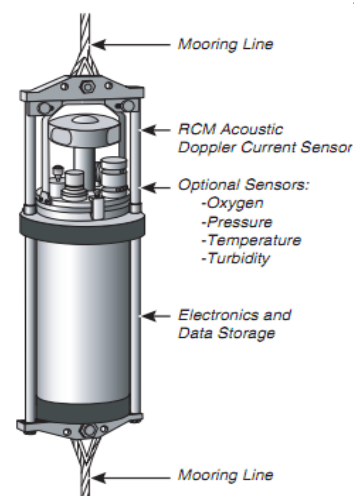
Arus pasut tersebut masuk melalui mulut teluk (antara Pulau Serangan dan Tanjung Benoa).

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik arus laut yang terjadi di perairan Teluk Benoa, menentukan arah arus secara umum, serta mengetahui faktor dominan yang berpengaruh terhadap kejadian arus tersebut. Informasi tentang arus ini sangat penting dilakukan, harapannya dapat menjadi salah satu pertimbangan dalam pengambilan kebijakan terkait dengan isu hangat tentang rencana reklamasi di kawasan Teluk Benoa.

METODE

Data arus diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan alat ukur arus ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) dapat dilihat pada **Gambar 1** Pengukuran arus menggunakan metode *euler* (tetap), yang dilakukan oleh Konsultan dari PT. TWBI. ADCP adalah instrumen yang memantulkan suara partikel untuk mengukur kecepatan arus air untuk berbagai kedalaman (Elizabeth N *et al.*, 2009).

Data arus terukur selama 29 hari, terdiri dari 3 titik lokasi pemasangan (disajikan pada **Gambar 2**) di kawasan perairan Teluk Benoa Provinsi Bali, yaitunya titik 1 (lokasi 115°13'50,46" BT dan 8°45'27,04" LS) selama 10 hari dari tanggal 20 – 30 Juni 2015; titik 2 (lokasi 115°13'12,50" BT dan 8°45'8,60" LS) selama 17 hari dari tanggal 25 Juni – 11 Juli 2015; serta titik 3 (lokasi 115°12'29,33" BT dan 8°44'58,24" LS) selama 2 hari dari tanggal 2 – 3 Juli 2015. Selain itu, juga digunakan data pasang surut perairan Teluk Benoa saat pengukuran arus laut tersebut, yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial yang bekerja sama dengan University of Hawaii Sea Level Center – USA melalui UNESCO - *Intergovernmental Oceanographic Commission* (IOC). Data pasang surut diperoleh pada tahun 2016, melalui persuratan ke BIG dan administrasi lainnya.



Sumber: Stewart R.H, 2008

Gambar 1. Alat Ukur Arus, ADCP



Sumber: Google Earth, 2016

Gambar 2. Titik Pengukuran Arus Laut – Alat ADCP

Arus merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dapat disebabkan oleh pengaruh gaya internal dan gaya eksternal. Gaya internal yang mempengaruhi arus laut adalah perbedaan densitas air laut, gradien tekanan mendatar dan *upwelling*. Sedangkan gaya eksternal yang mempengaruhi arus laut adalah angin, gaya gravitasi, gaya tarik matahari dan bulan terhadap bumi, gaya tektonik dan gaya coriolis.

Sistem arus yang mengalir berdekatan dengan lokasi kajian adalah ARLINDO (Arus Lintas Indonesia), salah satu alirannya mengalir di Selat Lombok, dapat terlihat pada **Gambar 3**. Berdasarkan perkiraan model, secara umum massa air dari ARLINDO tersebut berasal dari massa air Pasifik Utara 74% dan 26% Pasifik Selatan (tanpa Halmahera), namun dengan Halmahera komposisi tersebut 92% dari Pasifik Utara dan 8% Pasifik Selatan (Morey *et al.*, 1999). Arus yang membawa massa air dari Samudera Pasifik Utara berupa Arus Utara Khatulistiwa (NEC) menuju ke barat dan bercabang di timur Filipina, ke utara menjadi Arus Kuroshio dan ke selatan menjadi Arus Mindanao (MC). Massa air yang telah terbawa oleh arus ini, oleh Pusaran Mindanao (ME) dibawa masuk ke jalur ARLINDO di lapisan bawah permukaan. Selain itu, sebagian Arus Mindanao yang mengalir ke selatan, ada yang berbelok arah di sekitar Pusaran Mindanao dan menjadi Arus Sakal Khatulistiwa Utara (NECC). Untuk massa air dari Samudera Pasifik Selatan yang masuk ke perairan Indonesia terbawa oleh Arus Pantai Papua (NGCC), merupakan perpanjangan dari Arus Khatulistiwa Selatan Pasifik (SEC), sebagian besar berbelok arah ke Samudera Pasifik oleh Pusaran Halmahera (HE), dan mengalir bersama Arus Sakal Khatulistiwa Utara (NECC). Sebagian besar massa

ARLINDO keluar menuju ke Samudera Hindia melalui Pintasa Timor, dengan transpor yang kecil melalui Laut Sawu dan Selat Lombok.

Pengolahan data arus laut dilakukan dengan menggunakan *Golden Software Grapher* untuk membuat *stick plot* arus, dari data kecepatan dan arah arus. Selain itu juga menggunakan *Software Excel* untuk perhitungan arus sehingga dapat dilihat kisaran kecepatan arus pada waktu tersebut, serta pengolahan arus *scatter* untuk melihat arah arus pada umumnya. Analisis data arus laut sangat penting, karena berperan besar dalam pengangkutan sedimen yang berada di dalam maupun luar teluk sendiri.

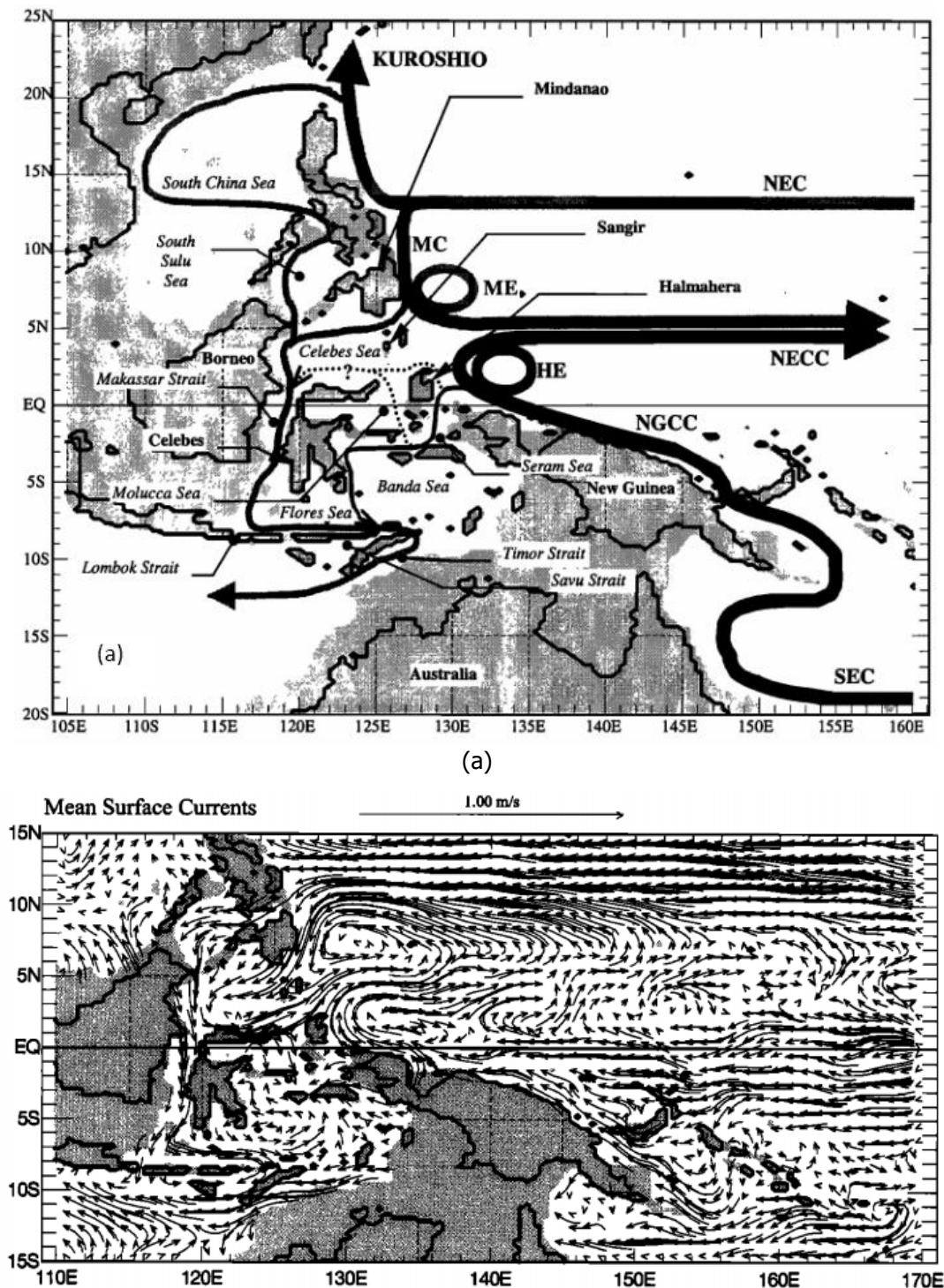
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penempatan alat pengukur arus ADCP 1 pada bagian luar teluk seperti yang disajikan pada **Gambar 2.**, dapat terlihat kondisi arah arus yang terjadi tersebut, baik secara *scatter plot* disajikan pada **Gambar 4** dan *stic plot* pada **Gambar 5**. Secara umum, saat kondisi air pasang, arah arus dominan menuju ke arah daratan/arah barat laut (ke dalam teluk), dan sebaliknya saat air surut arah arus menuju ke laut lepas/arah tenggara (ke luar teluk) disajikan pada **Gambar 4**. Namun kecenderungan arah arus pada *cell* 1, yang merupakan data arus permukaan memiliki arah sedikit berbeda, yaitunya saat air pasang arah arus ke arah barat (masih ke arah daratan/dalam teluk) dan saat air surut arah arus ke arah timur (masih ke arah laut lepas/luar teluk). Hal ini dapat terjadi karena kondisi pada permukaan air laut lebih banyak terpengaruh oleh aktivitas yang terjadi di sekitarnya, berupa pengaruh acak dari lalu lalang kapal yang beraktivitas di perairan Teluk Benoa.

Sedangkan arus laut yang terjadi di bagian bawah perairan lebih teratur tanpa pengaruh acak dari aktivitas tersebut. Kondisi angin yang tercatat pada stasiun pengamatan terdekat (Bandara Ngurah Rai Denpasar), nilai rata-rata bulan Juni – Juli 2015 adalah sebesar 7 – 8 Knot, dengan arah 100 – 110° (**Tabel 1**). Dapat terlihat bahwa kondisi angin tersebut dominan menuju arah Timur – Tenggara atau keluar dari arah teluk. Hal ini menunjukkan hanya sedikit pengaruh angin saat arus terjadi waktu air laut menuju surut, bahkan

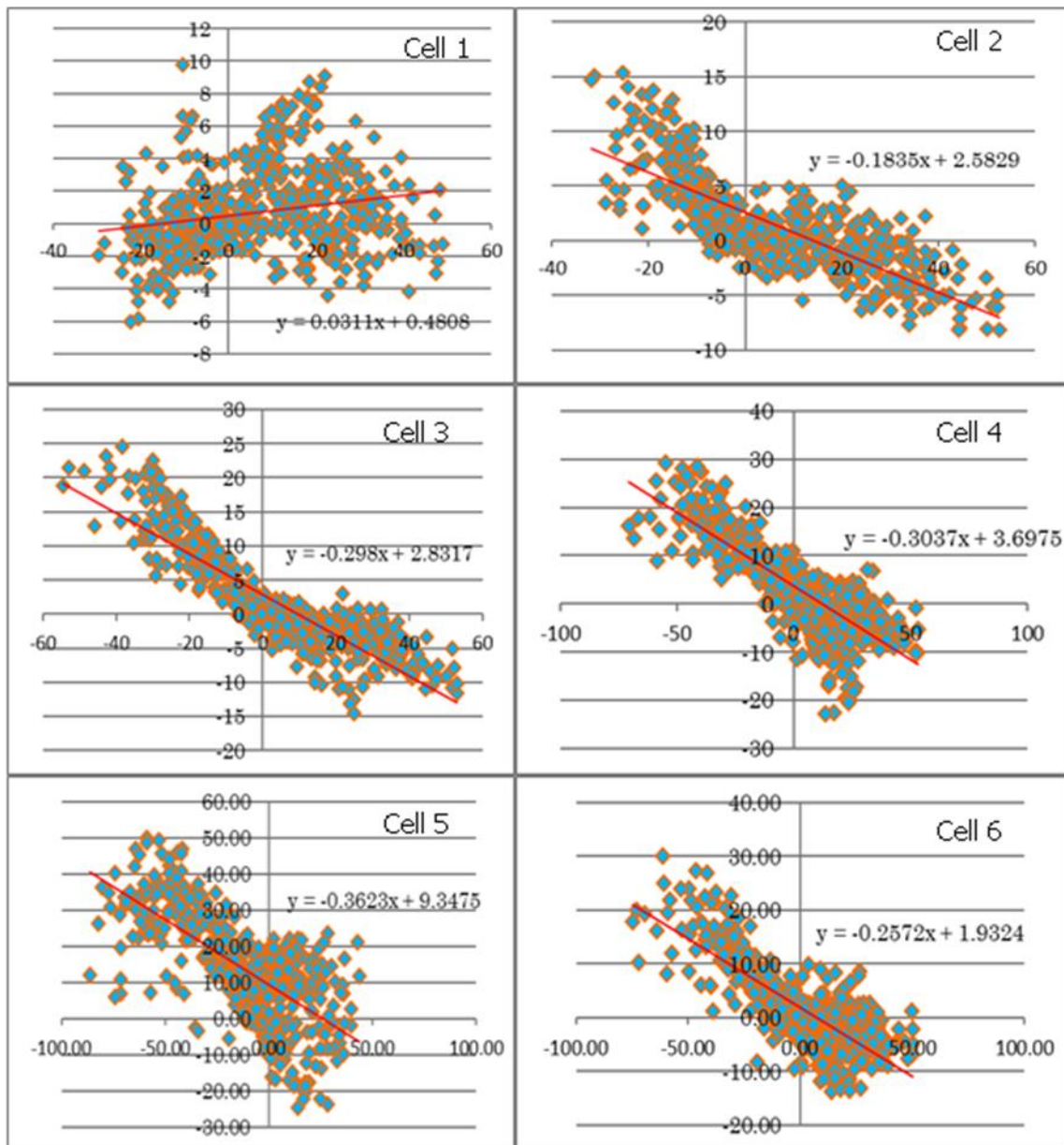
pada saat kondisi air laut menuju pasang, tidak terlihat sama sekali pengaruh dari angin tersebut.

Kecepatan arus di lokasi ADCP 1 (lokasi luar teluk) pada rentang tanggal pengukuran tersebut adalah 0,001 – 0,883 m/s, terjadi arus cukup rendah pada saat-saat tertentu (hampir seperti tidak ada arus sama sekali) dengan kecepatan sebesar 0,001 m/s. Rentang waktu pengukuran pada lokasi ADCP 1 ini termasuk pada saat bulan perbani, sehingga nilai maksimum kecepatan arus bukan yang tertinggi dari ke tiga titik lokasi pengukuran arus.



Sumber: *The Effect of Halmahera on the Indonesian Throughflow, 1999*

Gambar 3. Aliran Arus Permukaan di Indonesia: (a) Sistem Arus Permukaan & Arlindo; (b) Vektor Arus Rerata Tahunan



Gambar 4. Scatter Plot Arus Titik ADCP 1 (20 – 30 Juni 2015).

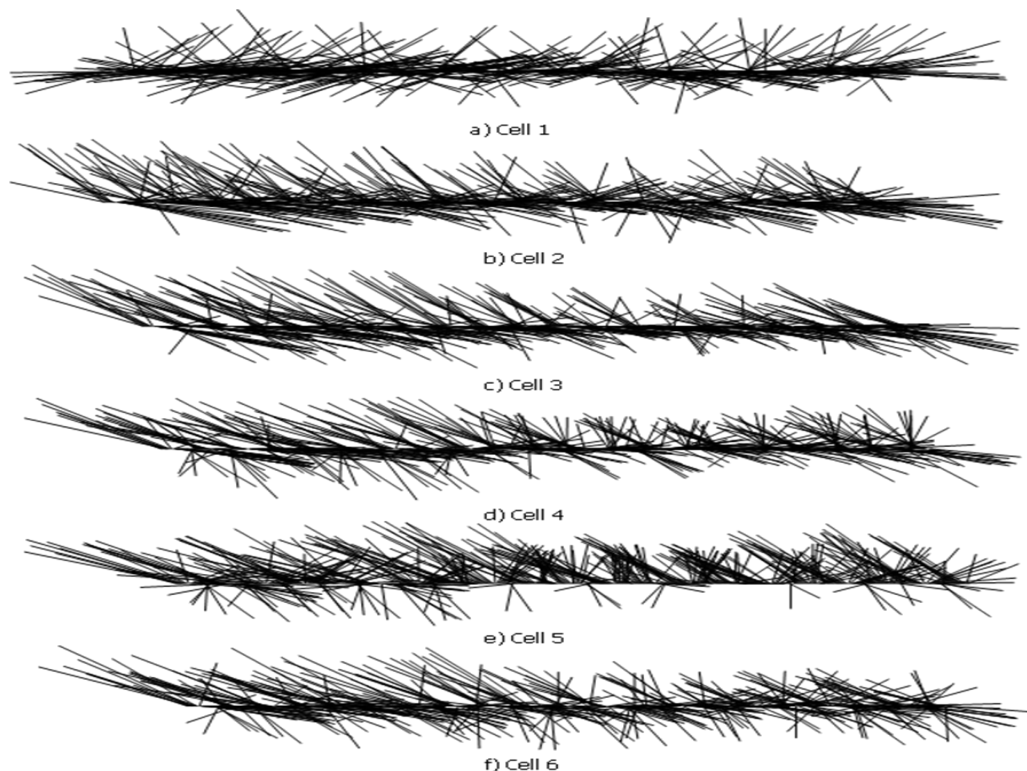
Tabel 1. Data curah hujan dan angin rata-rata Bandara Ngurah Rai Denpasar tahun 2015.

Bulan	Jumlah curah hujan	Angin rata-rata	
	(CH mm)	Arah (°)	Kecepatan (knot)
Januari	316,1	250	9
Februari	179,3	210	5
Marett	294,8	180	5
April	48,1	140	5
Mei	60,5	120	6
Juni	1,9	110	7
Juli	0,1	100	8
Agustus	TTU	110	8
September	0,3	110	7
Oktober	TTU	110	6
November	32,5	130	5
Desember	200,2	210	6
Rata-rata	113,4	148	6

Sumber: Hasil Pengukuran BMKG Tahun 2015 (diperoleh tahun 2016).

Walaupun berada di luar teluk yang dapat dipengaruhi selain dari pasang surut saja, namun masih terlihat pengaruh dominan pasang surut air laut terhadap kejadian arus tersebut disajikan pada **Gambar 6**. Pola dari kecepatan dan arah arus hampir sama dengan kondisi pasang surut air laut, yang terjadi secara umum dipengaruhi oleh naik turunnya muka air laut. Berkaitan dengan sistem arus yang terjadi di dekat perairan ini (ARLINDO), tidak terlihat adanya pengaruh Arus Lintas Indonesia secara signifikan terhadap kejadian arus di sekitar Teluk Benoa, yang secara umum melewati Teluk Lombok dari Pasifik Utara. Menurut Harold V. Thurmman (2010), apabila pola arus di suatu perairan menunjukkan pola yang fluktuatif mengikuti pasang surut, maka arus pasang surut merupakan arus yang dominan pada perairan

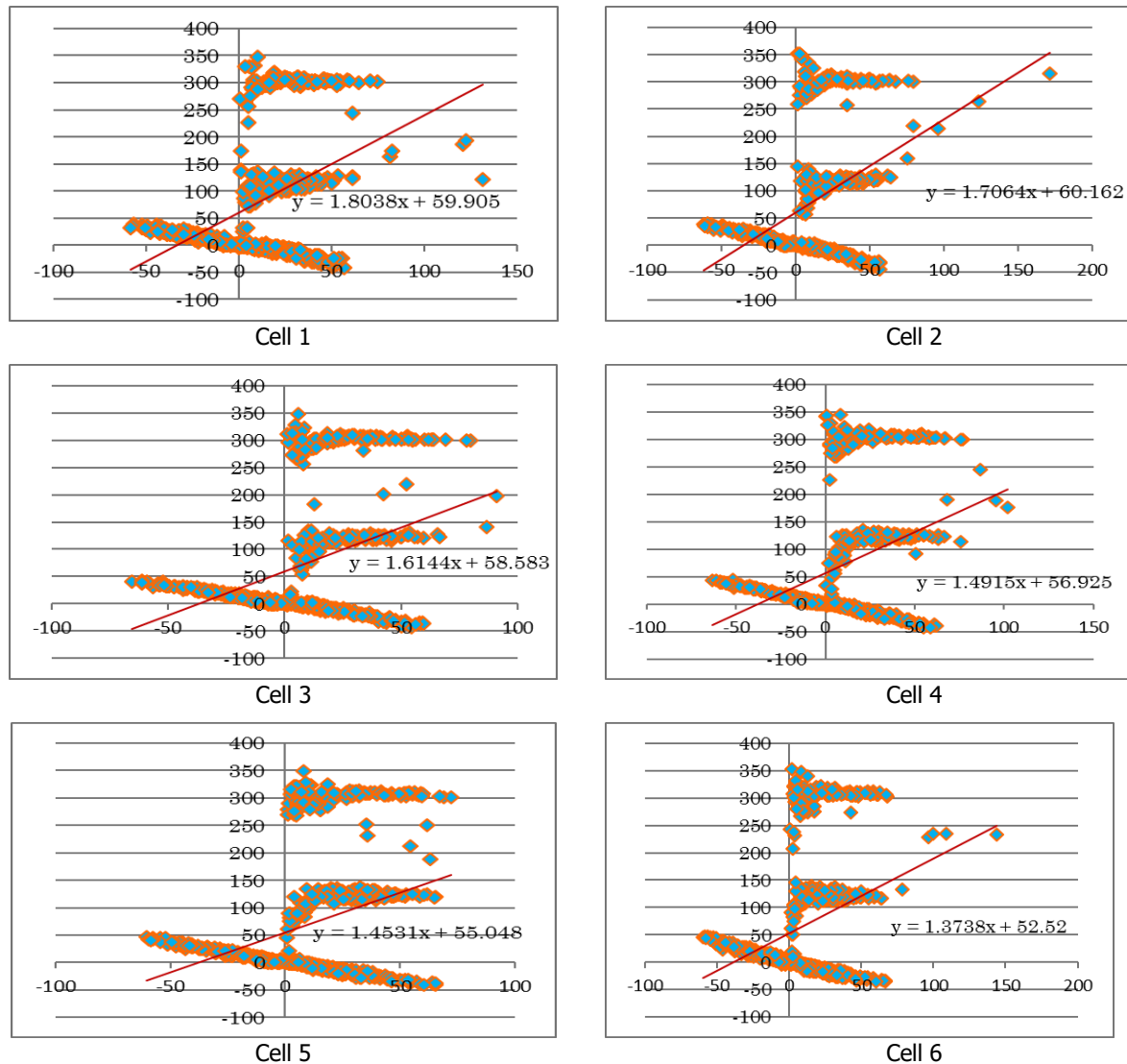
tersebut. Terlihat dari **Gambar 6** tersebut, saat muka air berada pada puncaknya ataupun pada posisi paling rendah, terlihat kecepatan arus menjadi sangat rendah, dapat terjadi pada kondisi tersebut, kondisi air laut menjadi stagnan. Yuningsih (2011) dan Sutirto *et al.* (2014), menyatakan bahwa pada saat kondisi air tinggi/pasang maksimum dan air rendah/surut minimum kecepatan arus relatif lebih kecil atau mendekati nol (*slack water*). Namun, pergerakan air laut akan tetap ada karena efek momentum (Hadi dan Radjawane, 2011; Theoyana, T. A *et al.*, 2015). Nilai kecepatan arus dapat mencapai maksimum ketika muka air laut sesaat akan menuju nilai tertinggi dan juga sesaat menuju surut terendah.



Gambar 5. Stick Plot Arus Titik ADCP 1 (20 – 30 Juni 2015).



Gambar 6. Perbandingan Arus (ADCP 1/luar teluk) dengan Pasang Surut.



Gambar 7. Scatter Plot Arus Titik ADCP 2 (25 Juni – 11 Juli 2015).

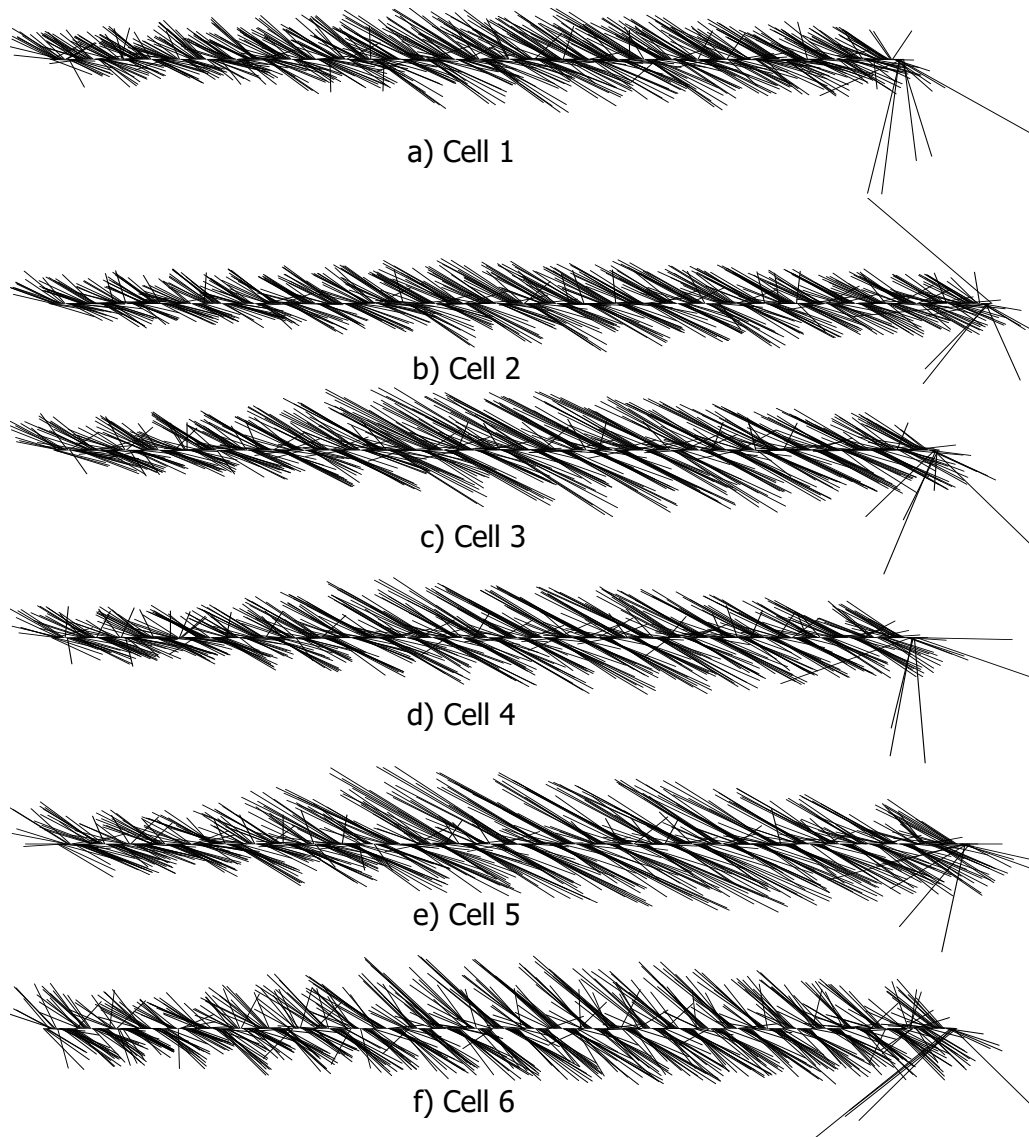
Pengukuran arus pada lokasi ADCP 2 berada pada mulut teluk, terjadi arus yang tidak beraturan disajikan pada **Gambar 7**. Hal ini dapat terjadi karena pada mulut teluk kondisi arus dapat dipengaruhi banyak faktor, oleh kondisi yang terjadi pada luar teluk dan juga bagian dalam teluk. Kondisi arus dapat dipengaruhi oleh gelombang pecah, pasang surut air laut, serta juga dengan aktivitas lalu lalang kapal.

Waktu pengukuran pada lokasi ADCP 2 ini dilakukan dengan kondisi bulan purnama, sehingga pada waktu tersebut terjadi tinggi muka laut yang paling tinggi dan surut air laut paling rendah. Dalam hal ini, saat air laut bergerak menuju pasang maupun air laut menuju surut, akan dapat membuat arus pasang yang cukup kuat, sehingga mencapai kecepatan arus maksimum sebesar 1,715 m/s (kisaran 0,001 - 1,715 m/s) disajikan pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**. Alasan lainnya adalah karena lokasi pengamatan yang berada persis di mulut teluk yang pada dasarnya berupa celah sempit, sehingga dapat menghasilkan

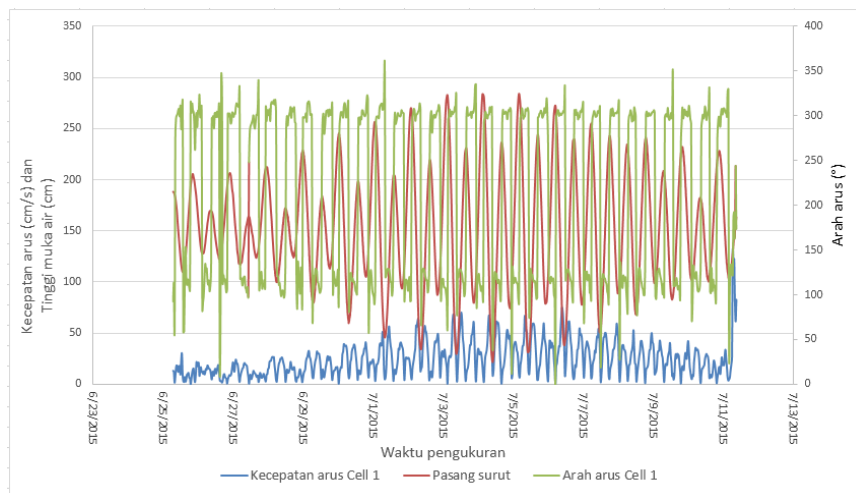
kecepatan arus yang lebih besar dibandingkan dengan arus yang berada di dalam maupun luar teluk (persamaan kontinuitas pada sifat fluida bergerak). Pada rentang waktu tersebut juga terjadi arus dengan kondisi sangat lemah yaitu sebesar 0,001 m/s.

Untuk arah arus secara umum di mulut teluk ini adalah ke arah barat daya saat air laut menuju pasang dan arah timur laut saat air laut menuju surut, yang dapat berarti kejadian arus dominan dipengaruhi oleh kondisi tinggi muka air laut di perairan Teluk Benoa. Semakin terlihat pengaruh dari pasang surut pada **Gambar 9**, grafik kecepatan arus terlihat memiliki periode yang hampir sama dengan kejadian pasang surut air laut.

Sama seperti halnya kejadian arus pada titik pengukuran 1, nilai kecepatan arus paling rendah terutama terjadi saat kondisi muka air paling puncak dan juga paling rendah, serta kecepatan arus tertinggi terjadi saat muka air menuju puncak tertinggi ataupun saat menuju surut terendah.



Gambar 8. Stick Plot Arus Titik ADCP 2 (25 Juni – 11 Juli 2015).



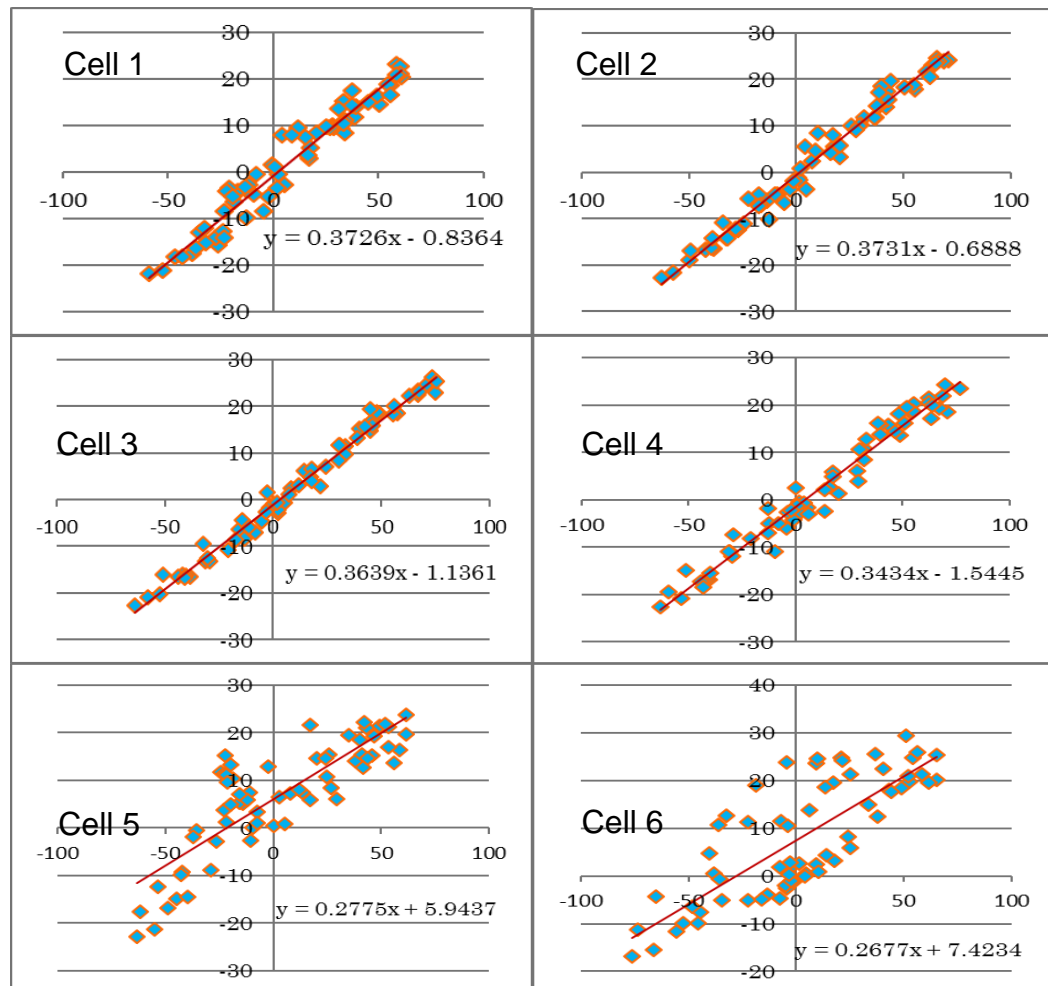
Gambar 9. Perbandingan Arus (ADCP 2/Mulut Teluk) dengan Pasang Surut.

Pengukuran arus laut di lokasi ADCP 3 berada pada area dalam teluk, cukup dekat dengan Pelabuhan Benoa (± 350 m). Kisaran arus dalam rentang waktu pengukuran di lokasi tersebut adalah sebesar 0,005 – 0,802 m/s disajikan pada **Gambar 10** dan **Gambar 12**. Dari 3 lokasi

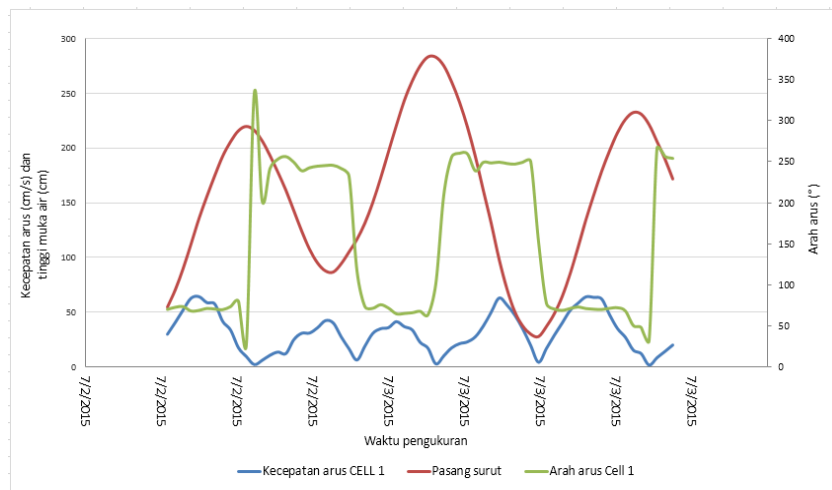
pengukuran arus di perairan Teluk Benoa, pada lokasi titik 3 ini terjadi rentang nilai kecepatan arus paling rendah. Hal ini dapat terjadi karena lokasi di dalam teluk lebih dominan hanya dipengaruhi oleh pasang surut, sedangkan pengaruh gelombang pecah dan oleh angin sangat kecil. Selain itu,

dibandingkan 2 lokasi lainnya, pengaruh dari lalu lalang kapal dan aktivitas lainnya di sekitar lokasi ini kemungkinan juga lebih kecil. Arah arus pada lokasi ADCP 3 ini (dalam teluk) yaitunya arah barat daya (ke arah dalam teluk) saat air laut menuju pasang disajikan pada **Gambar 10** dan arah timur laut saat air laut menuju surut, dan terlihat arah dominan tersebut mengikuti alur air yang ada di dalam teluk dekat dengan lokasi pengamatan ini.

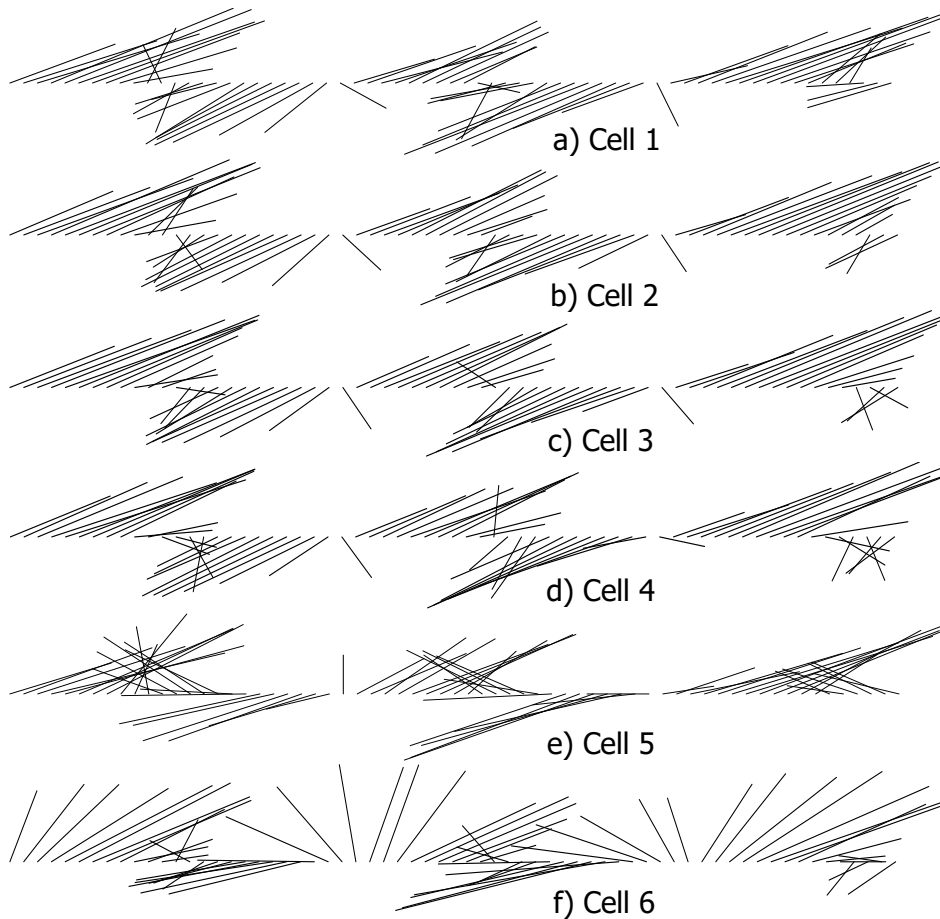
Untuk hubungan antara kejadian arus laut dan pasang surut air laut di perairan Teluk Benoa, dapat dilihat dari **Gambar 11**. Sangat terlihat jelas, bahwa secara umum kejadian arus pada titik ini sangat dipengaruhi oleh kejadian pasang surut air laut, yang mana saat tinggi muka air menuju pasang dan juga menuju surut, kecepatan arus menjadi lebih tinggi, membentuk grafik yang menyerupai grafik pasang surut air laut.



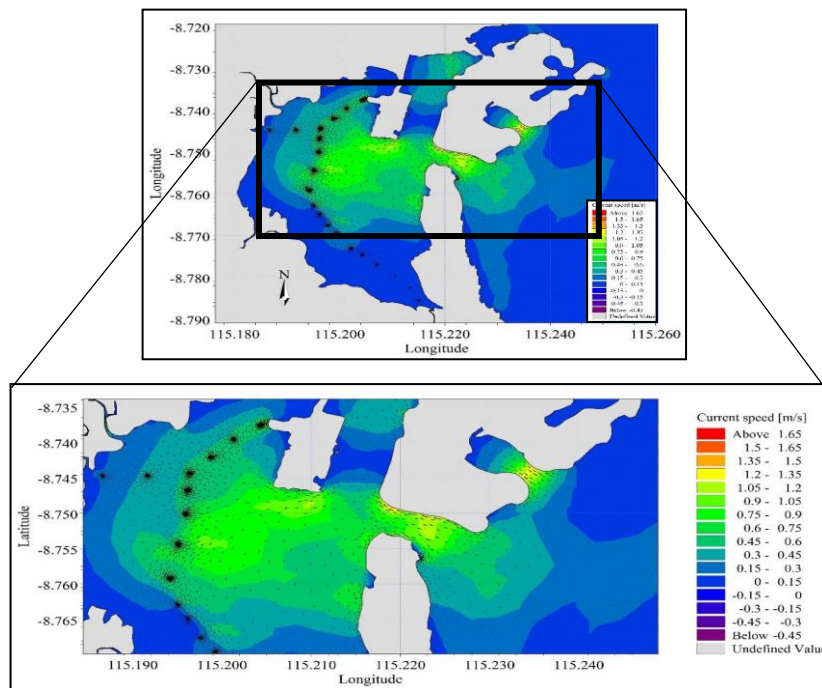
Gambar 10. Scatter Plot Arus Titik ADCP 3 (2 – 3 Juli 2015).



Gambar 11. Perbandingan Arus (ADCP 3/dalam teluk) dengan Pasang Surut.



Gambar 12. Stick Plot Arus Titik ADCP 3 (2 – 3 Juli 2015).



Gambar 13. Kondisi Arus pada Kondisi Pasang Purnama.

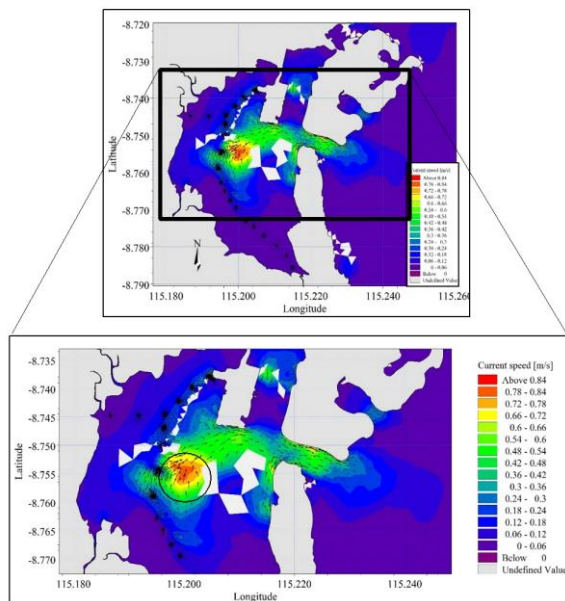
Kondisi arus secara spasial disimulasikan dalam kondisi air laut saat pasang dan juga saat air laut surut, dalam 4 kondisi yaitunya kondisi pasang purnama, surut purnama, pasang perbani dan surut perbani. Pada kondisi pasang purnama,

kecepatan arus berkisar antara 0 – 1,35 m/s, dengan kecepatan arus tertinggi berada pada bagian Selatan Pulau Serangan dan merupakan mulut Teluk Benoa seperti yang terlihat pada **Gambar 13**. Pada kondisi ini terjadi pasang

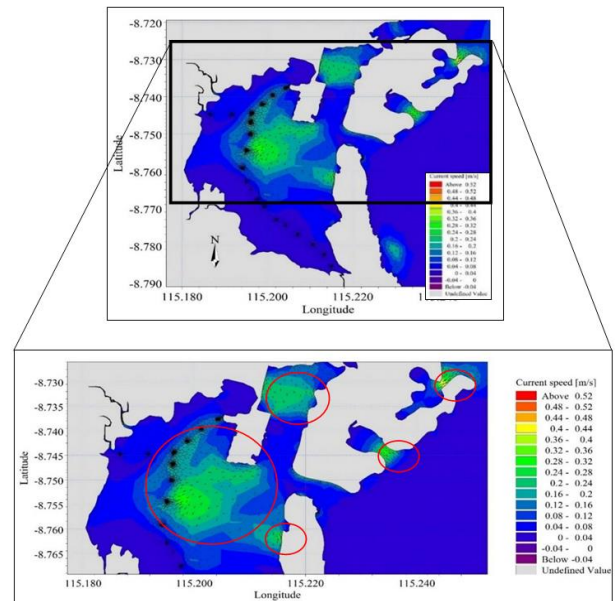
tertinggi dengan energi pasut yang tinggi juga, sehingga menyebabkan kecepatan arus yang tertinggi diantara kondisi pasut yang lain. Di wilayah dekat daratan kecepatan arus mendekati nol, tidak ada gerakan massa air sama sekali. Pada kondisi surut purnama yang nampak di **Gambar 14**, terjadi elevasi air surut rendah terendah dengan kecepatan arus berkisar antara 0 – 0,84 m/s, dengan kecepatan arus tertinggi berada di dalam Teluk Benoa (lingkaran hitam) mencapai 0,84 m/s. Pada kondisi ini hampir setengah dari Teluk Benoa memiliki kecepatan arus mendekati nol, dan terlihat adanya daratan/pasir yang muncul dan berada di atas elevasi pasut surut purnama.

Pada kondisi pasang perbani tahun 2016 kecepatan arus berkisar antara 0 – 0,52 m/s,

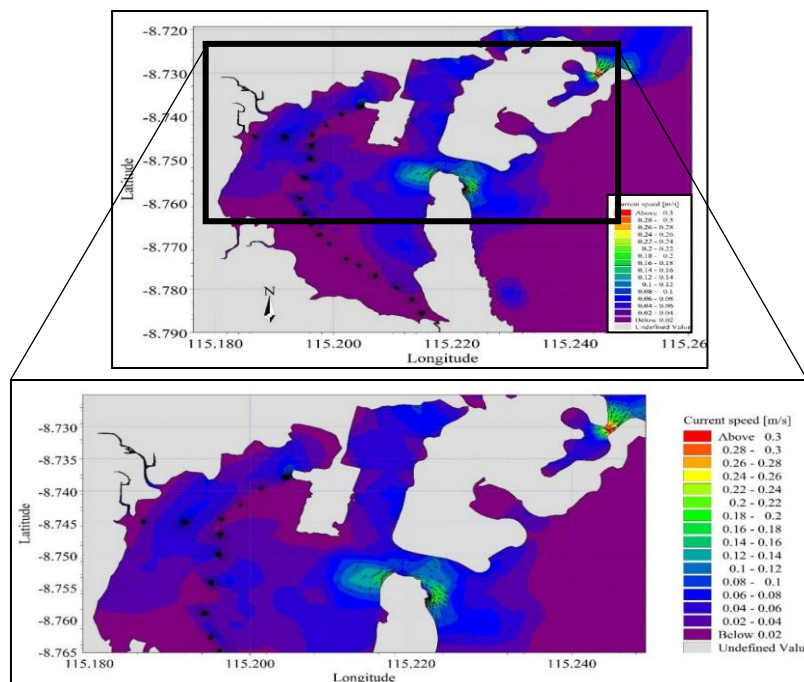
kecepatan arus tertinggi berada pada beberapa celah sempit di Pulau Serangan, sekitar dermaga Pelabuhan Benoa, Tanjung Benoa dan di dalam Teluk Benoa di sekitar kaki-kaki pondasi dari Tol laut (lingkaran merah) (**Gambar 15**). Sedangkan pada kondisi surut perbani kecepatan arus berkisar antara 0,02 - 0,3 m/s, dengan kecepatan tertinggi berada pada bagian Timur Laut Pulau Serangan dengan kecepatan mencapai 0,3 m/s, dan di bagian Utara Tanjung Benoa yang merupakan mulut Teluk Benoa dengan kecepatan mencapai 0,22 m/s, di wilayah pesisir Teluk Benoa kecepatan menjadi minimal dengan kisaran mencapai <0,02 m/s (**Gambar 16**). Dapat dikatakan Teluk Benoa menjadi tenang saat surut perbani.



Gambar 14. Kondisi Arus pada Kondisi Surut Purnama.



Gambar 15. Kondisi Arus pada Kondisi Pasang Perbani.



Gambar 16. Kondisi Arus pada Kondisi Surut Perbani.

KESIMPULAN

Arus laut yang terjadi di perairan Teluk Benoa Bali secara umum dipengaruhi secara signifikan oleh pasang surut air laut. Arus laut di perairan Teluk Benoa dan sekitarnya berkisar antara 0,001 - 1,715 m/s (data pengamatan bulan Juni - Juli 2015). Saat purnama kecepatan arus lebih tinggi dari pada saat perbani. Pada umumnya bagian mulut teluk memiliki arus yang cukup tinggi (mencapai 1,715 m/s saat purnama), dengan pola yang tidak beraturan akibat pengaruh perlintasan kapal dan aktivitas keluar masuk teluk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Kepala LRSDKP Bungus - BRSDM KKP, yang telah mempercayakan pelaksanaan kegiatan penelitian ini. Terimakasih kepada PT. TWBI, atas dukungan/pemberian data pengukuran kepada kami. Terimakasih juga kepada teman-teman peneliti, asisten peneliti, teknisi, dan administrasi LRSDKP yang membantu terlaksananya seluruh kegiatan penelitian sampai selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardana, K. dan M. S. Mahendra. (2009). Study of Pollutant Distribution in Benoa Bay Using Numerical Simulation and Satellite Data. *Jurnal Echotropic – Universitas Udayana*, Vol 3 (2): 81 – 86.
- BIG [Badan Informasi Geospasial]. (2016). Data Pasang Surut Perairan Teluk Benoa Bali tahun 2015 (Stasiun Pengukuran di Pelabuhan Benoa).
- BMKG [Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika]. (2016). Data Curah Hujan dan Angin Rata-Rata Bandara Ngurah Rai Denpasar tahun 2015.
- Dahuri, R., J. Rais, S. P. Ginting, dan Sitepu. (2013). *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. Balai Pustaka Press: Cetakan ke 5, 328 hal, p.36. Jakarta.
- Danial, M. M. (2008). *Rekayasa Pantai (Coastal Engineering)*. Penertbit: Alfabeta. Bandung.
- Elizabeth N., D-Y Lee., A. Rishert., D. Ludy., dan Staf *COSEE Coastal Trends*. (2009). Investigate Current Research. http://www.teachoceanscience.net/teaching_resour ces/education_modules/fish_and_physics/investigate_current_research/. [Akses 28 Februari 2017].
- Hadi, S. dan Radjawane I. (2011). *Arus Laut*. Institut Teknologi Bandung Press: Bandung.
- Hendrawan, I. G., W. Nuarsa, W. Sandi, A. F. Koropitan, dan Y. Sugimori. (2005). Numerical Calculation for the Residual Tidal Current in Benoa Bay – Bali Island. *Jurnal Remote Sensing and Earth Sciences*. Vol 2: 86 - 93.
- Morey, S.L., J. F. Shriver., dan J. J. O'Brien. (1999). The Effect of Halmahera on the Indonesian Throughflow. *Journal of Geophysical Research*, Vol.104 (C10): 23,281-23,296.
- Pranowo, W. S., ARTD Kuswardhani, Terry LK, Utami RK, Salvianty M, dan Semeidi H. (2006). *Menguak Arus Lintas Indonesia. Ekspedisi INSTANT 2003-2005*. Pusat Riset Wilayah Laut & Sumberdaya Non-hayati, BRKP, DKP. Cetakan kedua: 74 hal, p.15.
- Stewart, R. H. (2008). *Introduction to Physical Oceanography*. Department of Oceanography. Texas A & M University. p 181.
- Sudiarta, K., I.G. Hendrawan, K.S. Putra, dan I.M.I. Dewantama. (2013). *Kajian Modeling Dampak Perubahan Fungsi Teluk Benoa untuk Sistem Pendukung Keputusan (Decision Support System) dalam Jejaring KKP Bali*. Jakarta. Laporan Conservation International Indonesia (CII).
- Sugianto, D. N dan Agus ADS. (2007). Studi Pola Sirkulasi Arus Laut di Perairan Pantai Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Kelautan*. UNDIP. Vol. 12 (2): 79 – 92, p.80.
- Sutirto dan D. Trisnoyuwono. (2014). *Gelombang dan Arus Laut Lepas*. Graha Ilmu. Cetakan 1: 134 hal, p. 94.
- Theoyana, T. A., W. S. Pranowo., Anastasia R.T.D.K., dan Purwanto. (2015). Karakteristik Arus Pasang Surut di Selat Badung, Bali. *Jurnal Segara*. Vol. 11 (2): 115 – 123.
- Thurmann, Harold V. (2010). *Introductory Oceanography 2nd*. Charles E. Merrill Publishing Company - Bell and Howell Company. Columbus Toronto. London. Digital Publication By The Internet Archive.
- University of Hawaii Sea Level Center - USA. Data Pasang Surut Perairan Teluk Benoa Bali (Stasiun Pengukuran di Pelabuhan Benoa). <http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/station.php?code=beno> [Akses Bulan September 2016].
- Yuningsih, Ai. (2011). Potensi Arus Laut untuk Pembangkit Energi Baru Terbarukan di Selat Pantar, Nusa Tenggara Timur. *Majalah Mineral dan Energi*. Litbang Kementerian ESDM. Vol 9 (1): 61 – 72.