



Identifikasi Penjalaran Gelombang Panjang Samudera Hindia Ke Selat Lombok Berdasarkan Komponen Harmonik Arus

Yogo Pratomo^{1*}, Widodo Setiyo Pranowo^{1,2}, Hendrawan Setiadi^{1,4},
Gentio Harsono^{1,3}, Kamija^{1,3}, Sahat Monang Simanjuntak^{1,3}, Tasdik Mustika Alam¹

¹Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut, Jurusan Teknik Hidrografi, Jl. Pantai Kuta V N. 1, Ancol Timur, Jakarta Utara.

²Laboratorium Data Laut dan Pesisir, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Kelautan dan Perikanan, Ancol Timur, Jakarta. Telp/Fax. (024) 7476498, 0812326091280.

³Dinas Hidro-Oceanografi, TNI Angkatan Laut, Jl. Pantai Kuta V No. 1, Ancol Timur, Jakarta Utara.

⁴Badan Penelitian dan Pengembangan TNI Angkatan Laut, Jl. Pondok Labu, Jakarta, 12440.

*Corresponding author : pratomo.boy@gmail.com

ABSTRACT

The Lombok Strait is one area passing by seawater mass from Pacific Ocean to Indian Ocean, well known as Indonesia Through Flow (ARLINDO). It was proven by the existence of long period harmonic current component affected by the sun (SA, SSA), and an influence by moon (MSF). The harmonic current speed has an average of 0.370668 m/s in the depths of 100 meters during January 9, 2004 until 14 June 2005 (1.5 years). Time series data ocean current of INSTANT project (2004-2005) is used in this research, analyzed by using toolbox module of t-tide 1.3 beta. The current rose at 350 meters deep and 450 meters deep shows pattern of a unique ocean current, which mostly toward to north and northeast (55%) with velocity at 0.2-1.0 m/s. The current is coming from Indian Ocean which proven by the existence of components like M4, MS4, MSF, O1. There is also ocean current toward to south and southwest as (45%) with speed of 0.11-0.9 m/s. This ocean current which coming from Indian Ocean is indication of propagation of long wave penetration to Lombok Strait. During its propagation passing the sill, the wave become an internal wave in Lombok Strait.

Keywords: *internal wave, indian ocean, lombok strait, harmonic currents component, INSTANT 2004-2005.*

1. Pendahuluan

Selat Lombok merupakan selat diantara dua pulau yaitu pulau Bali dan pulau Lombok, selat Lombok sendiri memiliki arus yang sangat unik untuk diadakan penelitian, karena selat Lombok terkenal sebagai salah satu lintasan utama Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) atau Indonesian Trough Flow. Ekspedisi INSTANT merupakan salah satu program *Internasional Nusantara stratification and transport*, yang merupakan bagian dari upaya untuk mempelajari dan mendalami lautan Indonesia terhadap pola dan perubahan arus laut karena perairan Indonesia merupakan zona kritical 'choke point' untuk pengukuran arus laut (Pranowo et al, 2005). Ekspedisi INSTANT (*The*

International Nusantara Stratification and Transport), bertujuan untuk mengetahui aliran masa air dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia yang melalui perairan Indonesia dan berguna untuk memprakirakan variabilitas iklim. Pengukuran dilaksanakan pada beberapa bagian perairan Indonesia yaitu: jalur arus masuk di Selat Makassar dan Lintasan Lifamatola (*Lifamatola passage*), jalur arus keluar di Pintasan Timor (*Timor passage*), Selat Lombok, Selat Ombai, dengan periode selama 3 tahun. Ekspedisi INSTANT merupakan kerjasama 5 negara yaitu, Indonesia, Amerika Serikat, Australia, Belanda, dan Perancis (Sprintall et al. *dalam* Gordon et al., 2008).

ARLINDO merupakan suatu sistem

sirkulasi laut di perairan Indonesia dimana terjadi lintasan arus yang membawa massa air dari Lautan Pasifik ke Lautan Hindia. Massa air Pasifik tersebut terdiri atas massa air Pasifik utara dan Pasifik selatan (Wyrтки, 1961). Gelombang merupakan mekanisme naik turunnya permukaan air secara tegak lurus yang terjadi dalam waktu sesaat sehingga mencapai keseimbangan. Gelombang hampir terjadi disetiap permukaan laut dan kolom air dimanapun baik dalam bentuk gelombang panjang (dalam bentuk arus). Gelombang ini dapat dibangkitkan oleh faktor luar dan internal. Faktor luar seperti angin, gravitasi bulan dan matahari, sedangkan dari faktor internal berasal dari gempa bumi (tsunami) dan perbedaan densitas. Beberapa peneliti menyatakan bahwa gelombang adalah akibat (gangguan) terhadap kolom air dan sebagian lagi menyatakan bahwa gelombang dapat terjadi secara teratur jika diakibatkan oleh gejala pasang surut (Purba dan Pranowo, 2015).

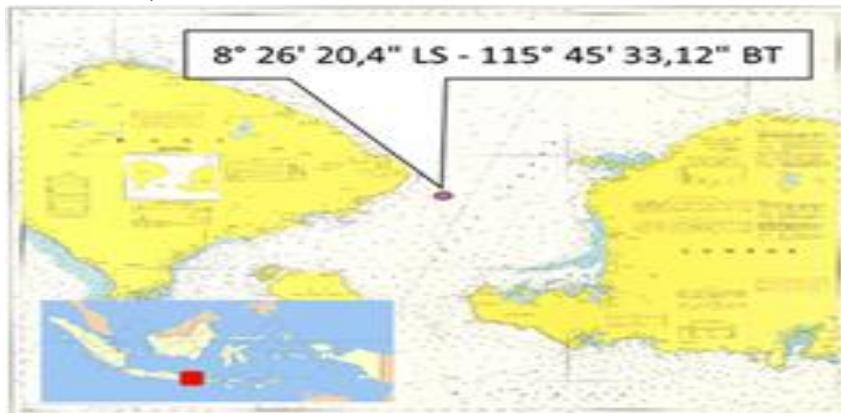
Gelombang pasang surut yang terjadi di suatu perairan yang diamati adalah merupakan penjumlahan dari komponen-komponen pasang surut yang disebabkan oleh gravitasi bulan, matahari, dan benda-benda angkasa lainnya yang mempunyai periode tersendiri. Tipe pasang berbeda-beda dan sangat tergantung dari tempat dimana pasang itu terjadi (Cappenberg, 1992). Pasang surut akan membawa massa air karena pasang surut merupakan gelombang panjang. Walaupun gelombang yang kita ketahui tidak membawa massa air tetapi merambatkan energi, pada kasus pasang surut gelombang yang terjadi merupakan perpindahan massa dalam jarak yang jauh. (Purba dan Pranowo, 2015).

Arus pasut biasanya mempunyai sifat yang saling bertolak belakang (*bidirection*). Dalam hal ini dapat dilihat pada 2 pasut yang diamati. Pada saat air tinggi, arus akan bergerak dari nilai yang tertinggi ke rendah. Namun pada saat tunggang rendah antara dua pasut, maka arus akan bergerak sebaliknya. Beberapa wilayah perairan yang mempunyai tipe pasang surut seperti di wilayah selat dimana arah pasang dan surut akan melewati selat terus menerus dalam arah yang berlawanan. (Purba dan Pranowo, 2015).

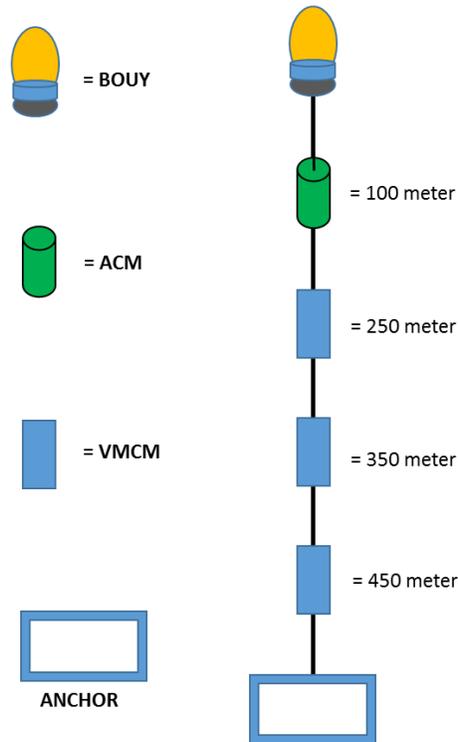
Maka dengan mengetahui perbedaan arah dan kecepatan arus diharapkan kapal selam Indonesia dapat mengetahui waktu yang tepat untuk melaksanakan pelayaran agar terhindar dari bahaya navigasi pelayaran.

2. Metodologi

Data ekspedisi INSTANT *west mooring deployment* 1 merupakan bentuk kerjasama antara 5 negara, yang berada di Selat Lombok dengan koordinat $8^{\circ} 26' 20.4''$ LS – $115^{\circ} 45' 33.12''$ BT, data arus tersebut diperoleh dari Laboratorium Data Laut dan Pesisir, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan pada mooring Ekspedisi INSTANT yang dilaksanakan pada 9 Januari 2004 s/d 14 Juni 2005. Data yang di Pengolahan data untuk memperoleh komponen harmonik menggunakan *Toolbox T-Tide 1.3 beta* berbasis MatLab (Pawlowicz et al., 2002), yang diilustrasikan pada gambar 1.



Gambar 1. Letak posisi *west mooring deployment* 1 (digambar ulang menggunakan peta laut DISHIDROS, 2015).



Gambar 2. Pemasangan peralatan pengukuran arus pada INSTANT *west mooring deployment* 1 di Selat Lombok (digambar ulang berdasarkan letak peralatan Current Meter per kedalaman, 2015).

Data Ekspedisi INSTANT *west mooring deployment* 1 merupakan data *time series*. Data tersebut dipergunakan sebagai data utama pada penelitian ini, perekaman data yang diolah adalah data ACM (*Acoustic Current Meter*) kedalaman 100 meter, VMCM (*Valeport Measuring Current Meter*) pada kedalaman 250 meter, 350 meter dan 450 meter. Untuk lebih jelasnya dilihat pada ilustrasi pada Gambar 2.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Komponen harmonik tiap kedalaman

Pengaruh pergerakan muka air laut (pasang surut) turut mempengaruhi pergerakan arus pada perairan tersebut. Arus harmonik pada perairan selat Lombok

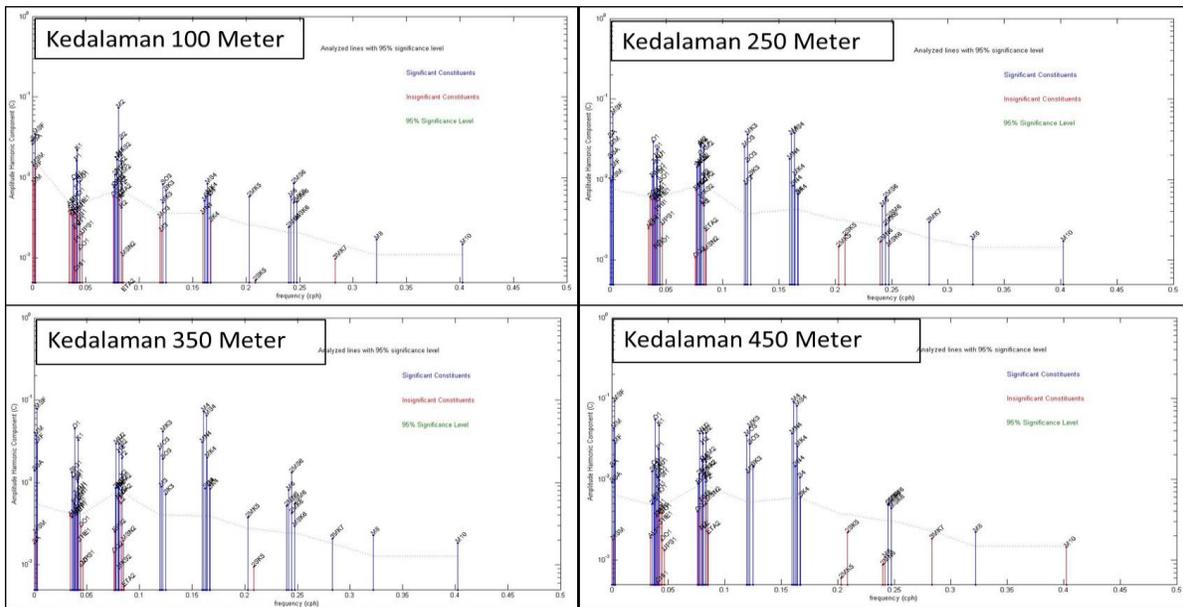
memiliki karakteristik yang hampir sama dengan karakteristik pasang surut sehingga memiliki komponen harmonik yang diperoleh dari analisis frekuensi terhadap *amplitude* dengan *konstituen signifikan*. Pada komponen harmonik kedalaman 100 meter s/d 450 meter pada data perekaman mendapatkan komponen harmonik yang signifikan berdasarkan SNR (*Significant Noise to Ratio*) dibagi menjadi 4 tipe yaitu tipe diurnal, semi diurnal, periode panjang dan tipe perairan dangkal. Pada hasil dari proses kedalaman 100 meter pendapatkan komponen harmonik yang di jelaskan dalam bentuk tabel 2.

Tabel 2. Komponen Harmonik Signifikan pada Kedalaman 100 Meter.

DIURNAL							
tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr	Nama KOMPONEN
*K1	0.041781	0.0217	0.005	232.06	11.63	20	Luna Solar diurnal
*P1	0.041553	0.0162	0.005	166.54	17.28	11	Principal Solar declination
*S1	0.041667	0.0098	0.005	15.98	41.57	4.1	Solar diurnal
*O1	0.038731	0.0094	0.005	100.09	25.3	3.7	Large Lunar Elliptic Diurnal
SEMI DIURNAL							
tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr	Nama KOMPONEN
*M2	0.080511	0.0734	0.007	270.06	5.39	120	Principal lunar semidiurnal
*S2	0.083333	0.0302	0.007	350.18	12.66	20	Principal Solar Semi Diurnal Large Lunar eliptik Semi Diurnal
*N2	0.078999	0.0166	0.007	243.34	23.79	6.1	
*K2	0.083562	0.0149	0.007	341.89	20.31	5	Lunisolar semidiurnal
*MU2	0.07769	0.0081	0.007	55.2	48.33	1.5	Variational
*T2	0.083219	0.0076	0.007	357.85	50.21	1.3	Larger solar elliptic
PERIODE PANJANG							
tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr	Nama KOMPONEN
*MSF	0.002822	0.0343	0.016	259.99	25.9	4.9	Lunisolar synodic fortnightly
*SA	0.000114	0.029	0.016	35.73	30.59	3.5	Solar annual
*SSA	0.000228	0.0258	0.016	309.16	34.43	2.8	Solar semiannual
PERAIRAN DANGKAL							
tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr	Nama KOMPONEN
*M6	0.241534	0.0058	0.002	267.62	22.57	7.8	Shallow water overtides of principal lunar
*MS4	0.163845	0.0084	0.004	317.57	25.37	5.4	Shallow water quarter diurnal Shallow water overtides of principal solar
*S4	0.166667	0.006	0.004	359.84	34.08	2.8	
*M8	0.322046	0.0017	0.001	30.99	42.25	2.4	Shallow water eighth diurnal Shallow water overtides of principal lunar
*M4	0.161023	0.0051	0.004	262.83	42.92	2	
*MK3	0.122292	0.0049	0.004	238.72	39.86	1.8	Shallow water terdiurnal

Kemudian untuk hasil proses perekaman pada kedalaman 250 meter mendapatkan komponen arus *diurnal* paling dominan adalah O1 (*Lunar Diurnal*) dengan frekuensi 0.038731, tipe *semi diurnal* dominan adalah M2 (*Prinsipal Lunar Semi Diurnal*) dengan frekuensi 0.080511, pada periode panjang mendapatkan konstanta MSF (*Lunisolar synodicfortnightly*) mempunyai frekuensi 0.002828 dan perairan dangkal mempunyai konstanta MK3 (*Shallow water terdiurnal*) dengan frekuensi 0.122292. Pada perekaman alat kedalaman 350 meter mendapatkan komponen harmonik yang signifikan pada tipe *diurnal* mendapatkan konstanta O1 (*Lunar Diurnal*) dengan

frekuensi 0.038731, *semi diurnal* signifikan terdapat MU2 (*Variational*) dengan frekuensi 0.07769, periode panjang MSF dan perairan dangkal adalah M4 (*Shallow Water Overtides of Principal Lunar*) dengan frekuensi 0.161023. Untuk kedalaman 450 meter mendapatkan komponen signifikan paling dominan tipe *diurnal* O1, *semi diurnal* MU2, periode panjang MSF dan periode perairan dangkal M4. Untuk hasil pengolahan komponen harmonik pada kedalaman 100 meter s/d 450 meter pada perekaman alat west mooring deployment 1 diilustrasikan pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik hasil komponen harmonik pada kedalaman 100 meter s/d 450 meter.

Dari komponen harmonik diatas memiliki keterangan bahwa komponen tipe *diurnal* K1 adalah deklinasi sistem bulan dan matahari selama 23.93 jam, P1 adalah deklinasi matahari selama 24.07 jam, S1 adalah gravitasi matahari dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi dgn periode 24.00 jam, O1 adalah deklinasi bulan dengan periode 25.82 jam. Kemudian untuk tipe *semi diurnal* M2 adalah gravitasi bulan dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi dengan periode 12.42 jam, S2 adalah gravitasi matahari dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi dengan periode 12.00 jam, N2 adalah perubahan jarak bulan ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips dengan periode 12.66 jam, K2 adalah perubahan jarak matahari ke bumi akibat lintasan yang berbentuk *elips* dengan periode 11.97 jam. Pada komponen periode panjang mendapatkan Msf adalah variasi setengah bulanan dgn Periode 354.3670 jam, SA adalah variasi tahunan dengan Periode 8766.15265 jam, SSA adalah variasi *semi* tahunan dengan Periode 4383.0763 jam, MF adalah variasi bulanan dgn Periode 354.3670 jam. Sedangkan untuk perairan dangkal mendapatkan S4 adalah 2x S2 dengan Periode 6 jam, M6 adalah 3x kecepatan M2 dgn Periode 4.1402 jam, Ms4 adalah interaksi M2 dan S2 dgn Periode 6.1033 jam, M8 adalah 4x M2 dengan Periode 3.1015 jam, M4 adalah 2x M2 dengan Periode 6.2103 jam, MK3 adalah interaksi bulan dan matahari dengan perubahan jarak bulan akibat lintasan

berbentuk *elips* dgn periode 8.18 jam. Pada kedalaman 350 meter dan 450 meter memiliki komponen SNR (*Signifikan Noise to Ratio*) terbesar adalah komponen harmonik M4, MS4, MSF, O1, dimana komponen M4 merupakan hasil dari 2xM2 dimana M2 adalah komponen semi diurnal, koponent MS4 merupakan komponen campuran/perairan dangkal, MSF merupakan komponen periode panjang dan O1 merupakan komponen *diurnal*. Tekankan komponen tersebut mengindikasikan penjalaran gelombang panjang samudera hindia masuk ke selat Lombok. Pasang di Selat Lombok dihasilkan oleh gelombang pasang dari samudera Hindia dan di wilayah *sill*, gelombang tersebut didominasi semi diurnal. Namun, air pasang di bagian utara selat Lombok didominasi siklus diurnal dan amplitudo arus harmonik (Murray and Arief, 1988).

3.2. Kecepatan dan pola arus tiap kedalaman

Hasil dari pengolahan *west mooring deployment* 1 di Selat Lombok dengan periode pengamatan selama 1.5 (satu setengah) tahun pada 9 Januari 2004 s/d 14 Juni 2005 pada kedalaman 100 meter mendapatkan arus harmonik maksimum sebesar 1.124542 m/s, arus harmonik minimum sebesar 0.00028263 m/s, dan rata-rata arus harmonik sebesar 0.25219 m/s. Untuk kecepatan arus harmonik pada kedalaman 250 meter, 350 meter, dan 450 meter dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengolahan kecepatan arus harmonik pada kedalaman 100 meter, 250 meter, 350 meter, 450 meter.

Arus Harmonik			
Kedalaman (m)	Max (m/s)	Min (m/s)	Rata-Rata (m/s)
100	1.124542	0.00028263	0.25219
250	0.9539	0.0012048	0.22447
350	0.9653	0.002778	0.25871
450	1.0214	0.0012545	0.27432

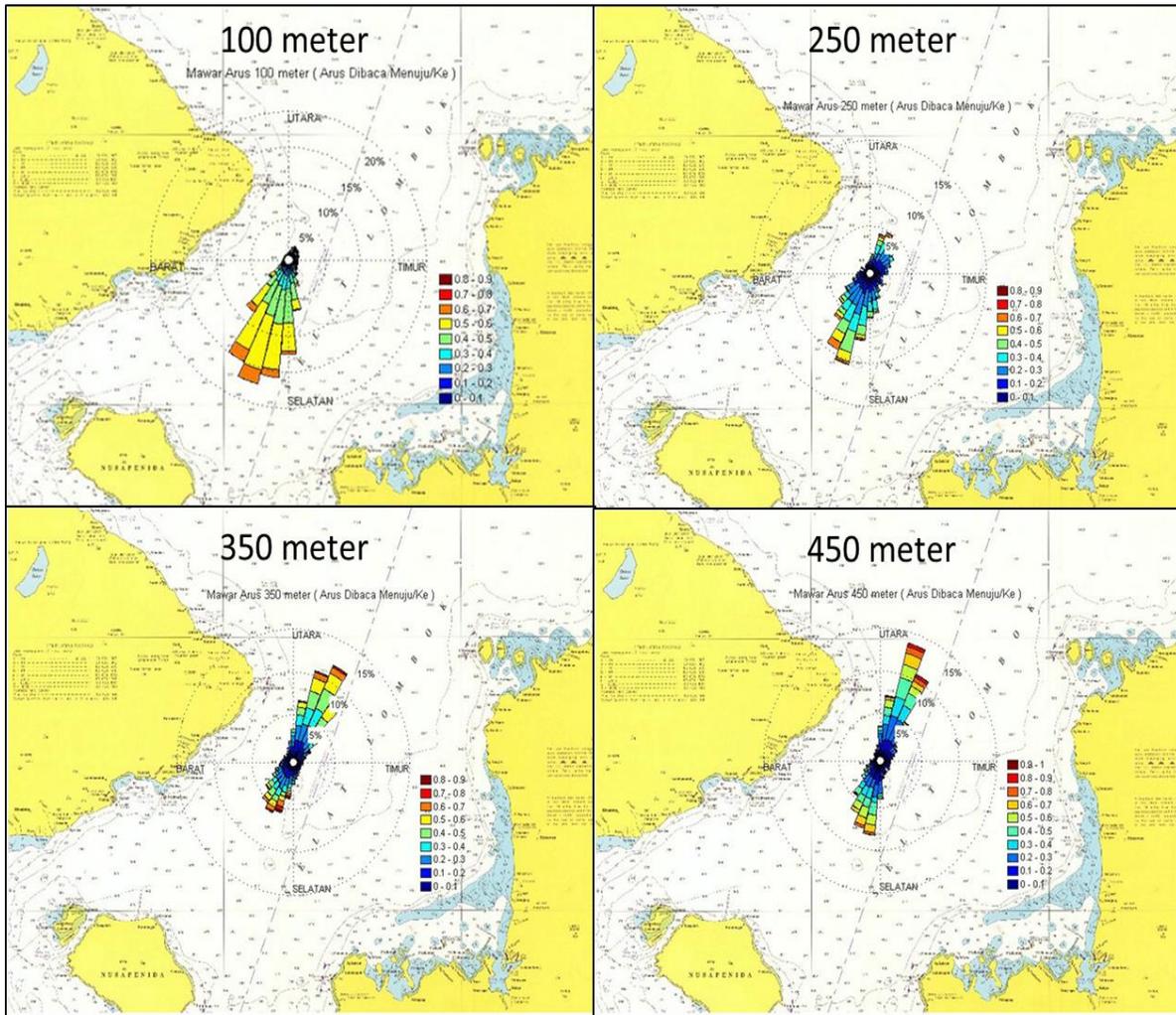
Pola arus di Selat Lombok berdasarkan hasil pengolahan dengan menggunakan *modul t-tide 1.3 beta* mendapatkan hasil dengan bentuk *Current Rose* pada kedalaman 100 meter, 250 meter, 350 meter dan 450 meter, dapat dilihat pada gambar 4. Pada kedalaman 100 meter kecepatan arus dominan menuju ke selatan dan barat daya dengan kecepatan arus maksimum rata-rata 1.1 m/s dan memiliki kecepatan maksimum rata-rata 0.1 menu ke utara dan timur laut, kemudian pada kedalaman 250 meter arah arus masih dominan menuju selatan dan barat daya dengan kecepatan maksimum rata-rata 0.9 m/s dan memiliki kecepatan maksimum rata-rata sebesar 0.6 ke arah utara, sedangkan pada kedalaman 350 meter arah arus cenderung menuju ke utara dan timur laut dengan kecepatan maksimum rata-rata 0.9 m/s tetapi sebagian arah juga masuk menuju ke selatan dan barat daya dengan kecepatan maksimum rata-rata 0.8, begitu juga pada kedalaman 450 meter arah arus dominan menuju ke utara dan timur laut dan sebageian menuju ke selatan dan barat daya dengan kecepatan arus maksimum rata-rata 1.0 m/s ke utara dan timur laut kemudian mendapatkan nilai 0.9 m/s menuju ke selatan dan barat daya.

Hasil kedalaman *current rose* pada kedalaman 100 meter s/d 250 meter kecepatan dan arah arus cenderung menuju ke selatan dan barat daya, hal ini dipengaruhi oleh ARLINDO yaitu terbukti dengan didapatnya konstanta arus periode panjang seperti SA, SSA dan MSF, konstanta periode panjang tersebut adalah variasi bulanan dan tahunan yang dipengaruhi oleh matahari dan bulan. Selain dari konstanta arus, ARLINDO

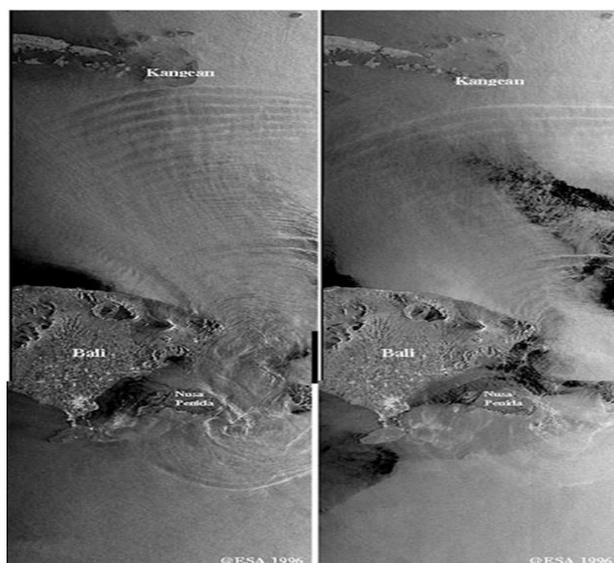
juga dipegaruhi oleh cuaca, densitas, pasut, topografi dan bathimetri. Terjadinya Arlindo terutama disebabkan oleh perbedaan tinggi muka laut antara Lautan Pasifik dan Lautan Hindia, yaitu permukaan bagian tropik Lautan Pasifik Barat lebih tinggi dari pada Lautan Hindia bagian timur, sehingga terjadi gradien tekanan yang mengakibatkan mengalirnya arus dari Lautan Pasifik ke Lautan Hindia (Hasanudin, 1998).

Arlindo membawa massa air samudra Pasifik memasuki perairan Indonesia melalui dua jalur, yaitu jalur barat yang masuk melalui laut Sulawesi lalu ke selat Makassar, Laut Flores, dan ke Laut Banda. Jalur kedua adalah jalur timur yang melalui Laut Maluku dan Laut Halmahera lalu ke Laut Banda. Massa air ini akan keluar menuju Samudra Hindia terutama melalui Laut Timor. Jalur keluar lainnya melalui Selat Ombai, yaitu selat antara Alor dan Timor, serta melalui Selat Lombok (Fieux et al., 1996).

Tetapi pada kedalaman 350 meter s/d 450 meter terjadi pola arus yang sangat menarik yaitu kecepatan dan arah arus cenderung menuju ke utara dan timur laut serta selatan dan barat daya. Hal ini disebabkan oleh pengaruh ARLINDO dan pengaruh gelombang panjang dari samudra hindia yang masuk ke selat lombok. Gelombang panjang tersebut kemudian membentuk *internal wave* ketika gelombang tersebut melewati *sill* (gundukan didasar laut) saat propagasinya/penjalarannya memasuki selat lombok (Susanto et al., 2005). Untuk *internal wave* (gelombang panjang) yang teridentifikasi melalui citra satelit radar di Selat Lombok, pernah diteliti sebelumnya oleh Susanto (2005), dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 4. Current Rose Pada Kedalaman 100 meter, 250 meter, 350 meter dan 450 meter.



Gambar 5. Internal Wave Selat Lombok (Susanto, 2005)

4. Kesimpulan

Selat Lombok merupakan merupakan salah satu selat yang dilintasi oleh ARLINDO, hal ini terbukti dengan terdapatnya komponen periode panjang seperti SA, SSA dan MSF, dengan memiliki kecepatan arus harmonik maksimum pada kedalaman 100 meter sebesar 1.124542 m/s, arus harmonik minimum 0.00028263 m/s dan rata-rata arus harmonik 0.25219 m/s, dengan kecepatan arus maksimum rata-rata 1.1 m/s kearah selatan dan barat daya dan memiliki kecepatan maksimum rata-rata 0.1 menuju ke utara dan timur laut. Data arus laut dari perekaman diolah menggunakan *modul tool box matlab t-tide 1.3 beta* mendapatkan arus harmonik, *current rose*, komponen harmonik signifikan seperti komponen O1 pada tipe *diurnal*, semi diurnal terdapat M2, periode panjang mendapatkan komponen SA, SSA, MSF dan pada perairan dangkal mendapatkan komponen harmonik signifikan M6. Pengaruh internal wave berdasarkan SNR (*Significant Noise to Ratio*) adalah komponen harmonic M4, MS4, MSF dan O1. Pada kedalaman 350 meter dan 450 meter terjadi pola arus yang sangat menarik yaitu kecepatan dan arah arus cenderung menuju ke utara dan timur laut serta selatan dan barat daya. Hal ini disebabkan oleh pengaruh ARLINDO dan pengaruh gelombang panjang dari Samudra Hindia yang masuk ke Selat Lombok. Gelombang panjang tersebut kemudian membentuk internal wave ketika gelombang tersebut melewati *sill* (gundukan didasar laut) saat propagasinya/penjalarannya memasuki selat Lombok.

Ucapan Terima Kasih

Artikel ini merupakan karya tulis ilmiah bagian dari Tugas Akhir Program Studi S1 STTAL Jurusan Hidrografi dari penulis pertama, dengan dibimbing dan diuji oleh para penulis mitra (*co-authors*). Kami berterima kasih kepada lembaga STTAL Jurusan Hidrografi, dan para dosen pembimbing. Kami ucapkan terimakasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir (P3SDLP) yang telah memberikan akses data INSTANT *project* 2004 s/d 2005 dan fasilitas Laboratorium Data laut dan Pesisir untuk melaksanakan penelitian dan pengolahan data INSTANT *mooring deployment 1* di Selat Lombok tersebut. Penyusunan dan penerbitan artikel adalah dibiayai oleh APBN DIPA P3SDLP TA. 2015/2016.

Daftar Pustaka

- Cappenberg, 1992. Von der Burg zur Kirche - Ausgrabungen im Chor der ehem. Prämonstratenserstiftskirche St. Johannes Ev. In Selm-Cappenberg 1992-93.
- Fieux, M., Andrie, C., Charriaud, E., Ilahude, A.G., Metzl, N., Molcard, R., Swallow, J.C. 1996. Hydrological and Chlorofluoromethane Measurements of The Indonesian Throughflow Entering The Indonesian Ocean. *Journal of Geophysical Research* **101**,12433-12454.
- Gordon, A.L., Susanto, R.D., Ffield, A., Huber, B.A., Pranowo, W., Wirasantosa, S. 2008. Makassar Strait throughflow, 2004 to 2006. *Geophysical Research Letters* **35**, L24605, doi:10.1029/2008GL036372.
- Hasanudin, M. 1998. Arus lintas Indonesia (ARLINDO). *Oseana*, 23(2):1-9.
- Murray, S. P., Arief, D. 1988. Throughflow into the Indian Ocean through Lombok Strait, January 1985-January 1986. *Nature* **333**, 444-447.
- Pawlowicz, R., Beardsley, B., Lentz, S. 2002 Classical tidal harmonic analysis including error estimates inMATLAB using T TIDE, Pergamon. *Computers & Geosciences* **28**, 929–937.
- Pranowo, W.S., Tisiana Dwi Kuswardani, A.R., Kepel, T.L., Kadarwati, U.R., Makarim, S. Husrin, S. 2006. Ekspedisi INSTANT 2003-2005: Menguak Arus Lintas Indonesia, editors: Supangat, A., I. S. Brodjonegoro, A. G. Ilahude, I. Jaya, T. R. Adi., Pusat Riset Wilayah Laut & Sumberdaya Non-hayati. Badan Riset Kelautan & Perikanan. Departemen Kelautan & Perikanan.
- Purba, N.P., adn Pranowo, W; 2005; *Dinamika Oseanografi, Deskripsi Karakteristik Massa Air dan Sirkulasi Air Laut*. UNPAD Press. 276 pages.
- Susanto, R. D., Mitnik, L., Zheng, Q. 2005. Ocean internal waves observed in the Lombok Strait. *Oceanography* **18**, 81-87.
- Wyrtki, K. 1961. The physical oceanography of south east Asian waters. *Naga Report Vol. 2*. University California Press. La Jolla, California. 195p.