

Potensi Energi Arus Laut Sebagai Energi Terbarukan Di Selat Lombok Berdasarkan Data INSTANT West Mooring Deployment 1

Ocean Current for the Potential Renewable Energy in Lombok Strait Based on INSTANT West Mooring Deployment 1 Data

Yogo Pratomo^[1], Widodo Setiyo Pranowo^[1,2], Sahat Monang Simanjuntak^[3],

[1] Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut, Jl. Pantai Kuta V No,1, Ancol Timur, Jakarta Utara, Email: pratomo.boy@gmail.com

[2] Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Jl. Pasir Putih II, Ancol Timur, Jakarta.

[3] Pusat Hidro-Oseanografi TNI AL, Jl. Pantai Kuta V No,1, Ancol Timur, Jakarta.

Diterima : 18-04-2016, Disetujui : 03-10-2016

ABSTRAK

Selat Lombok merupakan salah satu perlintasan massa air laut dunia, yang mengalir dari Samudera Pasifik menuju ke Samudera Hindia yang disebut sebagai Arus Lintas Indonesia (ARLINDO). Hal ini terbukti dengan adanya komponen harmonik periode panjang yang di pengaruhi oleh Matahari (SA, SSA), dan dipengaruhi Bulan (MSF). Hasil rekaman mooring selama 1,5 tahun, selat ini memiliki kecepatan arus harmonik rata-rata sebesar 0,25219 m/dt di kedalaman 100 meter. Arus laut merupakan salah satu energi baru terbarukan yang dapat di manfaatkan sebagai pembangkit listrik. Arus laut diolah dengan menggunakan modul *toolbox* T-Tide 1,3 beta, dan menghasilkan arus harmonik dan arus non harmonik. Berdasarkan komputasi skenario pertama, dengan menggunakan turbin Helix LC 500 dan menghasilkan listrik 3,56 KW (harmonic), dan 1,86 KW (non harmonik) dengan kecepatan arus terbesar terjadi pada kedalaman 146,31 meter. Nilai kecepatan arus rata-rata terdapat pada kedalaman 178,31 meter dengan daya yang dihasilkan sebesar 92,17 W pada kondisi arus non harmonik. Kecepatan arus rata-rata pada kondisi arus harmonik terdapat pada kedalaman 162,31 meter, dengan daya yang dihasilkan sebesar 32,943 W.

Kata Kunci : arus laut, energi baru terbarukan, Selat Lombok, INSTANT West Mooring.

ABSTRACT

Lombok Strait is one of seawater mass outlet, flowing from the Pacific Ocean toward the Indian Ocean called as Indonesian Through Flow (ITF). It is proven by long period of harmonic components influenced by sun (SA, SSA) and moon (MSF). The result of mooring record for 1.5 years, this strait has average speed of the harmonic ocean current is 0.25219 m/s at 100 meters water depth. Ocean current is one of renewable energy that can be used for generating power electric. Ocean currents processed by using T-tide matlab toolbox 1.3 beta to identified the harmonic and non harmonic currents. Based on first scenario of the computer conversion, by using a Helix turbine LC 500 and produce an electricity energy about 3.56 KW (harmonic), and 1.86 KW (non harmonic) ocean currents, with the maximum current speed at the 146.31 meters water depth. The average of current speed average found at 178.31 meters water depth, and it produces a power of 92.17 W (non harmonic). The current speed averages from the harmonic condition is found at 162.31 meters water depth, which can produce a power about 32.943 W.

Keyword : ocean currents, potential renewable energy, Lombok Strait, INSTANT West Mooring.

PENDAHULUAN

Selat Lombok merupakan suatu Selat yang terletak diantara Pulau Bali dan Pulau Lombok yang terkenal sebagai salah satu selat yang memilki arus yang kuat dan juga dilintasi oleh lintasan utama Arus Lintas Indonesia (ARLINDO). Salah satu penelitian yang dilaksanakan di Selat

Lombok adalah Ekspedisi *Internasional Nusantara Stratification and Transport* (INSTANT) dimana kegiatan tersebut merupakan bagian dari upaya untuk mempelajari dan mendalami lautan Indonesia terhadap pola dan perubahan arus laut karena perairan Indonesia merupakan zona kritikal

(choke point) untuk pengukuran arus laut (Pranowo dkk., 2005).

Data ekspedisi INSTANT tersebut dapat digunakan untuk mengetahui sumber energi arus laut yang dapat dimanfaatkan sebagai penggerak turbin yang dapat menghasilkan listrik (Ihsan dkk., 2015). Namun pada penelitian Ihsan dkk., (2015) belumlah menghitung secara detail seluruh arus pada satu rangkaian mooring INSTANT. Penelitian ini menghitung potensi energi arus laut, di beberapa kedalaman, yang terdapat pada INSTANT *West Mooring Deployment 1*, dengan posisi mooring diilustrasikan pada Gambar 1.

Ekspedisi INSTANT diselenggarakan oleh kerjasama antara 5 (lima) negara dengan periode waktu perekaman data selama 1,5 tahun yaitu pada tahun 2004 s/d 2005 yang berada diperairan Selat Lombok (Gordon dkk., 2010). Pada Selat Lombok tersebut terdapat 2 (dua) mooring, yakni *East* dan *West* (Abida dkk., 2015), namun data dari West Mooring saja yang dipergunakan sebagai data utama pada penelitian ini. Potensi energi pada *East Mooring* telah dihitung oleh Abida dkk., (2016), Pada *West Mooring Deployment 1* terdapat banyak peralatan pengukuran karakteristik laut, tetapi dalam penulisan ini hanya mempergunakan peralatan pengukuran arus yang ditempatkan pada tambatan mooring dengan kedalaman 100 meter, 200 meter, 250 meter, 350 meter, 450 meter (Pranowo dkk., 2005).

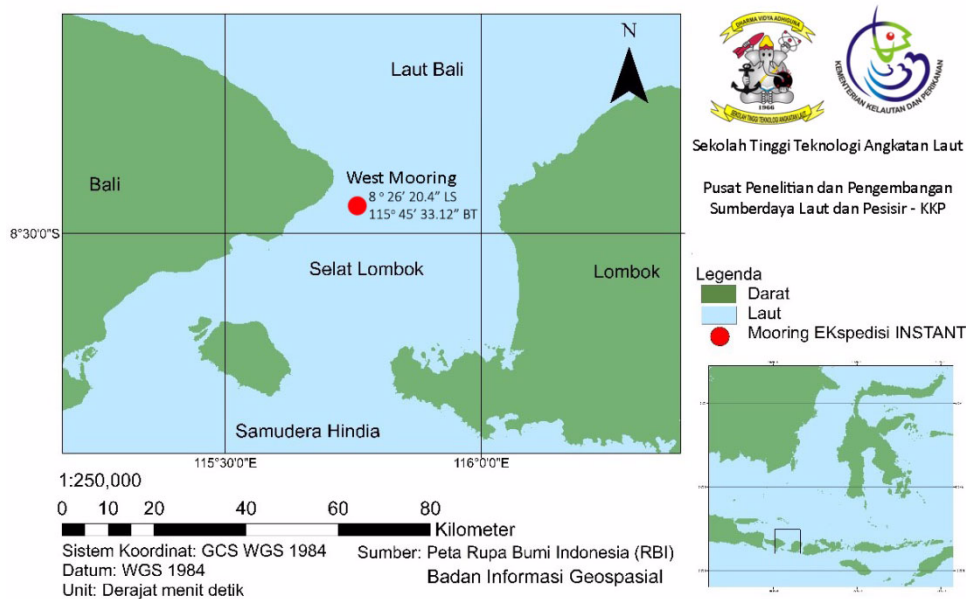
Arus laut ini akan mempunyai sifat-sifat yang sama untuk semua tempat di belahan bumi namun secara lokal akan dipengaruhi oleh faktor geografis dan faktor lain seperti letak interaksi dengan daratan, dan interaksi dengan atmosfer sekitarnya (Purba dan Pranowo, 2015). Arus merupakan gerakan massa air yang sangat luas terjadi pada seluruh lautan di dunia sehingga digambarkan lengkap kecepatan dan arahnya. Sistem besar gerakan massa air ini akan mengakibatkan perpindahan masa air dalam kolom air (Hutabarat dan Evans, 1985).

Berdasarkan posisinya, *West Mooring Deployment 1*, yang berada di Selat Lombok, maka dapatlah dihipotesa bahwa arus yang melewati daerah selat kecepatannya lebih tinggi dibandingkan dengan daerah terbuka. Secara teoritik, arus laut tersebut dapat untuk menggerakkan turbin, yakni memanfaatkan energi kinetik arus laut, kemudian mengubahnya kedalam bentuk energi gerak putaran rotor dan poros generator untuk menghasilkan energi listrik (Darvill, 2010).

METODE

Garis besar penelitian ini adalah melakukan komputasi dan analisis secara detail potensi energi terbarukan di Selat Lombok menggunakan Data INSTANT *West Mooring deployment 1*, yakni arus

Peta Lokasi Penelitian



Gambar 1. Letak posisi west mooring deployment 1 (Sumber: Peta RBI & Pranowo dkk., 2005)

laut pada kedalaman 100 meter, 200 meter, 250 meter, 350 meter dan 450 meter. Adapun turbin yang digunakan sebagai rujukan komputasi adalah LC 500. Pelaksanaan pengolahan dan analisa data, dilaksanakan di Laboratorium Data Laut dan Pesisir pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir (P3SDLP), dilanjutkan di Laboratorium Komputasi STTAL, dan analisis harmonik tahap akhir dilakukan di Pushidros TNI AL.

Arus laut pada kedalaman 100 meter, adalah hasil rekaman alat ACM (*Acoustic Current Meter*) dengan interval waktu 2 menit, Arus pada kedalaman 250 meter, 350 meter dan 450 meter, adalah hasil rekaman menggunakan VMCM (*Vector Measuring Current Meter*) dengan interval 15 menit. Sedangkan ADCP *Work House* yang ditempatkan pada tambatan (*mooring*) di kedalaman 200 meter, merekam arus pada 11 kolom kedalaman, yakni antara 18,31 m hingga 178,31 m, dengan interval jarak vertikal 16 meter dan interval waktu 30 menit.

Pengolahan data arus untuk dipisahkan komponen harmonik dan non harmoniknya dilakukan dengan menggunakan *T-tide 1,3 beta* (Theoyana dkk., 2015). Adapun *T-tide 1,3 beta* adalah sebuah toolbox Matlab yang berisikan modul *Least Square* yang dikembangkan oleh Pawlowicz dkk., (2002). Pada proses perhitungannya, komponen arus “u” (timur - barat) dan komponen arus “v” (utara - selatan), terlebih dahulu dihitung resultannya, sehingga besaran potensi energi listrik yang masing-masing dapat dihasilkan oleh arus harmonik dan arus non harmonik dapat dihitung lebih akurat (Abida dkk., 2016).

Konversi energi arus laut menjadi energi listrik dilakukan berdasarkan turbin LC 500 tipe

Gorlov yang didesain dengan menggunakan tiga *blade*, dengan tinggi turbin 1,25 meter, lebar 0,5 meter dan diameter 1 meter (Blunden dkk., 2013). Turbin LC 500 merupakan jenis turbin heliks *micro* yang berbentuk vertikal sehingga arus laut dapat mendorong *blade* dari arah horizontal dan tidak terpengaruh oleh arus dari satu arah saja (Novrinaldi dkk., 2011). Perputaran turbin tersebut dapat menghasilkan energi listrik yang dihasilkan oleh pergerakan arus laut. Besaran energi arus laut menjadi energi listrik dikonversi menggunakan persamaan (Fraenkel, dkk., 1998), yang pada intinya adalah menentukan rapat daya (P_{air}) yang tersimpan pada laju atau kecepatan pergerakan suatu volume air laut tertentu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{air} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

Sedangkan untuk mendapatkan keluaran listrik maka dapat dihitung dengan rumus :

$$P_{turbin} = \eta \cdot P_{air}$$

Keterangan :

P_{air} = rapat daya yang tersimpan pada air (W/m^2).

P_{turbin} = daya listrik (W).

ρ = massa jenis air (kg/m^3), ($1025 kg/m^3$).

A = luas penampang (m^2), (diameter = 1 meter x tinggi = 1,25 m)

v = kecepatan air (m/detik).

η = asumsi efisiensi 40%, (efisiensi turbin LC 500).

Tabel 1. Karakteristik kecepatan arus non harmonik dan arus harmonik pada kedalaman 100 meter, 250 meter, 350 meter dan 450 meter di Selat Lombok selama 1,5 tahun pada periode 2004-2005 (Gordon dkk., 2010)

Kedalaman (Meter)	KECEPATAN ARUS					
	Arus non Harmonik			Arus Harmonik		
	Maks. (m/detik)	Min. (m/detik)	Rata-Rata (m/detik)	Maks. (m/detik)	Min. (m/detik)	Rata-Rata (m/detik)
100	0,8665	0,0004	0,3707	1,1245	0,0003	0,2522
250	0,9253	-	0,2291	0,9539	0,0012	0,2245
350	0,9540	-	0,2596	0,9653	0,0028	0,2587
450	1,0059	-	0,2740	1,0214	0,0013	0,2743

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan dan analisis terhadap hasil pengukuran selama 1,5 tahun pada periode 2004-2005, dapat memperlihatkan karakteristik kecepatan arus di Selat Lombok pada kedalaman 100 m, 250 m, 350 m, dan 350 m, yang disajikan pada Tabel 1. Adapun secara khusus, arus pada kedalaman 18,31 m hingga 178,31 m (11 kedalaman) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1 menunjukkan bahwa kecepatan arus non harmonik terkuat (1,0059 m/detik) terdapat pada kedalaman 450 meter, sedangkan kecepatan arus harmonik terkuat (1,0020 m/detik) ditemukan pada kedalaman 100 meter.

Tabel 2 menunjukkan bahwa arus non harmonik terkuat (1,9355 m/detik) ditemukan pada kedalaman 146,31 meter, sedangkan untuk arus harmonik nilai terkuat (2,4029 m/detik) ditemukan pada kedalaman 146,31 meter. Adapun nilai rata-rata arus non harmonik (0,7112 m/detik) terdapat kedalaman 178,31 meter, dan kecepatan rata-rata arus harmonik (0,5047 m/detik) terdapat pada kedalaman 162,31 m. Secara umum, arus pada kedalaman 18,31 m hingga 178,31 m tidak menunjukkan adanya eksistensi Arus Ekman. Hal tersebut terjadi karena pada kedalaman tersebut kecepatan arus dipengaruhi oleh laju massa air laut (*transport global*), dari Samudera Pasifik yang bergerak melintasi perairan Selat Lombok, yakni Arus Lintas Indonesia (Arlindo) atau dikenal secara internasional sebagai *Indonesian Throughflow* (Abida dkk., 2015). Pratomo dkk., (2016) telah membuktikan eksistensi Arlindo

tersebut, berdasarkan olahan dan analisis terhadap data arus *INSTANT West Mooring*, dengan munculnya komponen harmonik periode panjang (*long period*) yaitu *Solar Semi-Annual* (SSA), *Lunisolar Synodic Fornightly* (MSF), *Solar Annual* (SA), *Lunar Monthly* (MM), *Lunisolar Fortnightly* (MF).

Karakteristik kecepatan arus di Selat Lombok yang telah diperoleh dan disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2, selanjutnya dikonversi menggunakan persamaan Fraenkel dkk., (1998) berdasarkan konstanta efisiensi dari turbin heliks LC 500 untuk menghasilkan daya listrik.

Potensi Energi Listrik

Hasil perhitungan konversi arus menjadi energi listrik disajikan pada Tabel 3, untuk kedalaman 100 meter, 250 meter, 350 meter dan 450 meter; dan juga Tabel 4 untuk kedalaman antara 18,31 m hingga 178,31 m. Energi listrik tersebut disajikan secara harmonik dan non harmonik.

Konversi arus laut menjadi daya listrik pada kedalaman 100 meter, 250 meter, 350 meter dan 450 meter, menghasilkan daya listrik maksimum (0,26 KW) non harmonik terdapat pada kedalaman 450 meter, nilai rata-rata daya listrik terkuat (13,05 Watt) pada kedalaman 100 meter. Daya listrik yang dihasilkan oleh arus harmonik, daya terkuat (0,369 KW) terdapat pada kedalaman 100 meter, nilai rata-rata terkuat terdapat pada kedalaman 450 meter dengan daya listrik yang dihasilkan 5,29 W.

Tabel 4 menyajikan bahwa daya terkuat dari arus non harmonik (1,86 KW) terdapat pada

Tabel 2. Karakteristik kecepatan arus non harmonik dan arus harmonik pada kedalaman antara 18,31 m hingga 178,31 m (Gordon dkk., 2010)

KECEPATAN ARUS						
Kedalaman (Meter)	Arus non Harmonik			Arus Harmonik		
	Maks. (m/detik)	Min. (m/detik)	Rata-Rata (m/detik)	Maks. (m/detik)	Min. (m/detik)	Rata-Rata (m/detik)
18,31	1,1897	0,0020	0,3570	2,0146	-	0,1023
34,31	1,2886	0,0021	0,3924	1,5611	0,0008	0,2721
50,31	1,3916	0,0036	0,4558	1,6929	0,0024	0,3016
66,31	1,5308	0,0024	0,5141	1,8839	0,0013	0,3312
82,31	1,6432	0,0061	0,5640	2,0507	0,0044	0,3614
98,31	1,7920	0,0045	0,6084	2,2299	0,0020	0,4002
114,31	1,6541	0,0102	0,5723	2,1745	0,0061	0,4041
130,31	1,8653	0,0054	0,6041	2,2934	0,0035	0,4394
146,31	1,9355	0,0081	0,6564	2,4029	0,0030	0,4858
162,31	1,6884	0,0050	0,6954	1,9842	0,0058	0,5047
178,31	1,7045	0,0164	0,7112	1,8155	0,0153	0,4961

Tabel 3. Daya listrik hasil konversi dari arus harmonik dan non harmonik di Selat Lombok pada kedalaman 100 m, 250 m, 350 m dan 450 m (Gordon dkk., 2010).

DAYA LISTRIK HASIL KONVERSI TURBIN LC 500							
Dari Arus non Harmonik				Dari Arus Harmonik			
Kedalaman (m)	P _{turbin} max (KW)	P _{turbin} min (W)	P _{turbin} rata-rata (W)	Kedalaman (m)	P _{turbin} max (KW)	P _{turbin} min (W)	P _{turbin} rata-rata (W)
100	0,17	-	13,05	100	0,36	-	4,11
250	0,20	-	3,08	250	0,22	-	2,90
350	0,22	-	4,48	350	0,23	-	4,44
450	0,26	-	5,27	450	0,27	-	5,29

kedalaman 146,31 meter, sedangkan nilai rata-rata terkuat (92,17 W) arus non harmonik terdapat pada 178,31 meter. Sedangkan daya terkuat (3,56 KW) yang dihasilkan oleh arus harmonik terdapat pada 146,3 meter, daya rata-rata terkuat (32,94 W) terdapat pada kedalaman 162,31 meter.

Total Daya Listrik Per Kedalaman

Total daya listrik yang dapat dihasilkan secara total berdasarkan data kecepatan arus non harmonik dan arus harmonik, di setiap kedalaman selama 1,5 tahun dari tanggal 9 Januari 2004 s/d 14 Juni 2005, disajikan pada Tabel 5.

Total daya listrik yang dihasilkan oleh turbin LC 500 dari arus non harmonik pada kedalaman 100 meter, 250 meter, 350 meter dan 450 meter, diatas sebesar 1915274,50 TW, Sedangkan arus harmonik pada kedalaman 100 meter, 250 meter,

350 meter dan 450 meter diestimasi dapat menghasilkan total luaran daya sebesar 450112,46 TW. Kemudian untuk total daya listrik yang dihasilkan oleh Turbin L C500 pada data ADCP di kedalaman antara 18,31 meter hingga 178,31 meter, total luaran daya listrik dapat dilihat pada Tabel 6.

Total output daya listrik terkuat (2703,08 TW) dari arus non harmonik terdapat pada kedalaman 98,31 meter, sedangkan total output daya listrik terkuat (748,25 TW) dari arus harmonik juga terdapat pada kedalaman 98,31 meter. Sehingga total output daya listrik yang dihasil oleh arus non harmonik secara keseluruhan pada setiap kedalaman antara 18,31 m hingga 178,31 meter adalah 8987,23 TW. Sedangkan untuk total output daya listrik dari arus harmonik per kedalaman sebesar 2273,71 TW. Adapun total

Tabel 4. Daya listrik hasil konversi dari arus harmonik dan non harmonik pada kedalaman antara 18,31 m hingga 178,31 m (Gordon dkk., 2010)

DAYA LISTRIK HASIL KONVERSI TURBIN LC 500						
Arus non Harmonik				Arus Harmonik		
Kedalaman (m)	P _{turbin} max (KW)	P _{turbin} min (W)	P _{turbin} rata-rata (W)	P _{turbin} max (KW)	P _{turbin} min (W)	P _{turbin} rata-rata (W)
18,31	0,43	0	11,65	2,10	0,00	0,27
34,31	0,55	0	15,48	0,97	0,00	5,16
50,31	0,69	0	24,26	1,24	0,00	7,03
66,31	0,92	0	34,82	1,71	0,00	9,31
82,31	1,14	0	45,95	2,21	0,00	12,10
98,31	1,47	0	57,70	2,84	0,00	16,42
114,31	1,16	0	48,04	2,63	0,00	16,91
130,31	1,66	0	56,49	3,09	0,00	21,74
146,31	1,86	0	72,48	3,56	0,00	29,38
162,31	1,23	0	86,18	2,00	0,00	32,94
178,31	1,27	0	92,17	1,53	0,00	31,29

Tabel 5. Total output daya listrik selama 1,5 tahun (2004 - 2005) pada kedalaman 100 meter 250 meter, 350 meter dan 450 meter (Gordon dkk., 2010).

Total output daya selama 1,5 tahun Arus Non Harmonik			Total daya selama 1,5 tahun Arus Harmonik		
Kedalaman (m)	Efisiensi arus (m/detik)	P _{turbin} total (TW)	Kedalaman (m)	Efisiensi arus (m/detik)	P _{turbin} total (TW)
100	135522,90	1913476,74	100	83550,09	448359,00
250	7037,98	268,00	250	6795,06	241,19
350	11474,02	1161,27	350	11419,03	1144,65
450	7826,15	368,49	450	7819,90	367,61
Total daya		1915274,50	Total output daya		450112,46

Tabel 6. Total output daya listrik selama 1, 5 tahun (2004-2005) dari arus non harmonik dan harmonik pada kedalaman 18, 31 m hingga 178, 31 m (Gordon dkk., 2010)

Dari Arus Non Harmonik			Dari Arus Harmonik		
Kedalaman (m)	Efisiensi arus (m/detik)	P _{turbin} total (terra watt)	Kedalaman (m)	Efisiensi arus (m/detik)	P _{turbin} total (terra watt)
18, 31	8610, 56	490, 77	18, 31	1521, 27	2, 71
34, 31	9559, 08	671, 48	34, 31	6147, 01	178, 56
50, 31	11235, 52	1090, 35	50, 31	965, 27	0, 69
66, 31	12741, 52	1590, 19	66, 31	8102, 40	408, 91
82, 31	14001, 10	2109, 95	82, 31	8592, 21	487, 64
98, 31	15115, 72	2655, 04	98, 31	9910, 32	748, 25
114, 31	3404, 45	30, 33	114, 31	2351, 32	9, 99
130, 31	3567, 92	34, 92	130, 31	2553, 89	12, 81
146, 31	3667, 76	37, 93	146, 31	2680, 76	14, 81
162, 31	3223, 55	25, 75	162, 31	2310, 37	9, 48
178, 31	1680, 31	3, 65	178, 31	1154, 19	1, 18
Total daya		8740, 36	Total daya		1875, 03

output daya listrik akibat arus non harmonik adalah memiliki nilai lebih kuat, dibandingkan dengan total daya oleh arus harmonik. Hal ini diduga dapat disebabkan karena arus non harmonik masih dimungkinkan dipengaruhi oleh faktor lingkungan/cuaca. Kondisi yang dapat dijadikan sebagai acuan potensi daya listrik yang dapat dihasilkan oleh Selat Lombok adalah yang dihasilkan dari nilai total output daya listrik yang dibangkitkan oleh arus harmonik, dimana nilai

daya listrik yang dihasilkan pada setiap waktu adalah tetap.

KESIMPULAN

Kecepatan maksimal arus non harmonik terdapat pada alat ADCP kedalaman layer 146, 31 meter dengan kecepatan 1, 9355 m/detik dan arus harmonik pada layer 146, 31meter dengan kecepatan arus sebesar 1066, 58 m/detik.

Total daya listrik keseluruhan pada setiap kedalaman yang dihasilkan selama 1.5 tahun mendapatkan daya listrik sebesar 451987, 49 TW.

UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini adalah bagian dari karya tulis tugas akhir, Prodi S1 Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL) Jurusan Teknik Hidrografi. 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 untuk melaksanakan penelitian dan pengolahan data *mooring deployment* 1 di Selat Lombok tersebut. Ucapan terimakasih juga kepada Rizal Fadlan Abida dan Tonny Adam Theoyana dalam pengolahan data “*Ocean Current Renewable Energy*” di Laboratorium Data Laut dan Pesisir P3SDLP.

DAFTAR ACUAN

- Abida, R. F., Pranowo, W. S., dan Kisnarti, E., 2016. Identification of Ocean Currents Potential Energy in Lombok Strait Based on Electric Turbine Scenarios, *International Journal of Science & Research*, 5(4): 1158-1162.
- Abida, R. F., Pranowo, W. S., Pratomo Y., dan Kisnarti, E. 2015. Identifikasi komponen harmonik di Selat Lombok berdasarkan data arus time series, *Jurnal Depik*, 4(1), h. 24-32, <http://dx.doi.org/10.13170/depik.1.1.2361>,
- Darvill, D., 2010. *Energy Resources*, Available at: < <http://www.conserveenergyfuture.com/index.php> > [Accessed 28 January 2016].
- Fraenkel, P. L., Clutterbuck, P., Stjernstorm, B. dan Bard, J., 1998. Seafloor: Preparing For The Worlds First Pilot Project For The Exploitation of Marine Currents at a Commercial Scale *Proceeding of the 3rd European Wave Energy Conference*, Patras, h. 272-276.
- Gordon, A., Sprintall, J., van Aken, H. M., Susanto, D., Wijffels, S., Molcard, R., Field, A., Pranowo, W. S., dan Wirasantosa, S., 2010. The Indonesian Throughflow during 2004-2006 as observed by the INSTANT program. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 50(2): h. 115-128.
- Hutabarat, S. dan Evans, S., 1985. *Pengantar Oseanografi*, Penerbit UI – Press, Jakarta.
- Ihsan, Y. N., Tussadiah A., Pridina, N., Utamy, R. M., Astriandhita, K. M., Arnudin, K. dan Nurhasanah, 2015. *Renewable Energy from Ocean on the Outflow ITF pathway, Indonesia*, 65, h. 131-139.
- Novrinaldi, A., Haryanto dan Hanifah, U., 2011. Rancang Bangun Turbin Heliks Aliran Datar Tipe L C500, *Prosiding SNaPP Sains: Teknologi dan Kesehatan*.
- Pawlowicz, R. B., Beardsley, dan Lentz, S., 2002. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T TIDE, *Pergamon, Computers & Geosciences* 28, h. 929–937.
- Pranowo, W. S., Kuswardhani, A. R. T. D., Kepel, T. L., Kadarwati, U. R., Makarim, S. dan Husrin, S., 2005. *Ekspedisi INSTANT 2003-2005: Menguak Arus Lintas Indonesia*, 75 h.
- Pratomo, Y., Pranowo, W. S., Setiadi, H., Harsono, G., Kamija, Simanjuntak, S.M., Alam, T. M., 2016. Identifikasi Penjalaran Gelombang Panjang Samudera Hindia Ke Selat Lombok Berdasarkan Komponen Harmonik Arus, *Jurnal Omni-Aktuatika*, 12 (1) h.22-29.
- Purba, N. P., dan Pranowo, W.S., 2015. *Dinamika Oseanografi, Deskripsi Karakteristik Massa Air dan Sirkulasi Air Laut*, UNPAD Press 276 h.
- Theoyana, T.A., Pranowo, W. S., Anastasia R.T.D. K. dan Purwanto, 2015. Karakteristik Arus Pasang Surut di Selat Badung, Bali, *Jurnal Segara*, 11(2) h. 115-123.

