

Konversi Tinggi Pasang Surut Di Perairan Cilacap Terhadap Energi Yang Dihasilkan

Gentur Handoyo, Agus A. D. Suryoputro dan Ibnu Pratikyo

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, S.H, Tembalang Semarang 50275
Email: gentur.handoyo@yahoo.com

Abstrak

Pasang surut merupakan parameter yang penting dalam memperoleh besaran energi pasang surut yang berdasarkan nilai muka air pasang tertinggi dan surut terendah. Perairan Kabupaten Cilacap, propinsi Jawa Tengah merupakan perairan yang terletak di Samudera Hindia yang diduga terdapat potensi energi pasang surut yang tinggi. Selain itu faktor lokal yang mempengaruhi adalah bentuk morfologi pantai yang berbentuk alamiah dan diperairan pantai seperti teluk dan selat sempit serta kedalaman perairan. Tipe pasang surut dan nilai muka air pasang tertinggi dan muka air surut terendah diperoleh menggunakan Metode Admiralty. Hasil yang didapat tipe pasang surut di perairan Kabupaten Cilacap Campuran Condong ke Harian Ganda dengan nilai formzahl 0,3. Sedangkan nilai muka air pasang tertinggi sebesar 2,3m dan surut terendah sebesar 0,05m. Hasil simulasi untuk luasan kolam tunggal 1,1 km² diperoleh energi pasang surut sebesar 61.161 kWh selama kurun waktu satu tahun di perairan Kabupaten Cilacap, Propinsi Jawa Tengah. Maka dapat disimpulkan, bahwa pemanfaatan perencanaan kedepannya untuk memperoleh energi pasang surut yang maksimal sebagai sumber energi alternatif.

Kata kunci : Energi, Pasang Surut, Perairan Cilacap

Abstract

Tidal is an important parameter in obtaining tidal energy quantities are based on the face value of the highest high water level and the lowest low water level. Cilacap Regency waters, Central Java province is located in the waters of the Indian Ocean which is allegedly contained the high potential tidal energy. Tidal are caused by the influence of the force attraction of the moon and the sun. Besides that the local factors affecting is the shaped of morphology coastal which is natural-shaped and in coastal waters such as gulf, narrow strait and the waters depth. The type and tidal value of the highest high water level and the lowest low water level is obtained by using admiralty methods, the results obtained in the tidal type Cilacap Regency waters mixed tide prevailing semi diurnal is formzahl value 0,3. While the face value of the highest high water level is 2,3 m and the lowest low water level is 0,05 m. Simulation results for expressing a single pool of 1,1 km² of tidal ebergly acquired 61.161 kWh for one year in the waters of Cilacap Regency, Central Java province. Thus it can be inferred that the utilization of energy obtained can be reference in the future construction planning in the future to obtain the maximum tidal energy as a source alternative energy.

Keywords : Energy, Tidal, Waters of Cilacap

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi yang terus meningkat yang disebabkan karena bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia menyebabkan berkurangnya

jumlah energi konvensional. Energi konvensional merupakan energi yang bersifat *unrenewable* dan apabila digunakan secara terus menerus akan habis (Dahuri, 2001). Penggunaan energi konvensional tidak hanya berdampak

pada krisis berkurangnya energi tetapi juga bisa berdampak pada krisis lingkungan hidup, karena sifatnya yang tidak dapat diperbaharui (Kadir, 1995). Menurut Manualla (2008), pemanfaatan energi yang bersumber dari pasang surut adalah merupakan salah satu alternatif yang bisa dikembangkan.

Pasang surut merupakan salah satu gejala alam yang ada di laut, yaitu suatu gerakan vertikal dari seluruh partikel massa air laut dari permukaan sampai bagian terdalam dari dasar laut yang disebabkan oleh pengaruh dari gaya tarik menarik antara bumi dan benda – benda angkasa terutama matahari dan bulan (Wibisono, 2005).

Menurut Dahuri (2001), Perairan Indonesia mempunyai kisaran tinggi pasang surut yang berbeda – beda di suatu tempat dengan tempat yang lain. Perairan Tanjung Priok kisarannya sekitar 1 meter, di perairan Ambon sekitar 2 meter, Bagan Siapi – api sekitar 4 meter, sedangkan yang tertinggi ditemukan di Sungai Digul dan selat Ikuli Papua Bagian selatan dengan kisaran 7 meter sampai 8 meter.

Perairan Kabupate Cilacap merupakan salah satu perairan di Indonesia dan terletak di bagian selatan Pulau Jawa Provinsi Jawa Tengah, dimana perairannya juga terdapat kisaran pasang surut. Untuk mengetahui seberapa besar energi yang dihasilkan dari pasang surut maka penelitian ini dilakukan.

MATERI DAN METODE

Materi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer berupa data pengamatan pasang surut selama 15 hari bulan Oktober tahun 2014 menggunakan palem pasut dengan 2 titik lokasi yang berbeda di perairan Kabupaten Cilacap, yaitu PPSC (Pelabuhan Perairan Samudera Cilacap) dan Stasiun Pandu. Terletak pada 07 43'42,2" LU - 109 01'27,3" BT dan 07 44'28,7" LU - 108 59'47,1" untuk pengolahan data pasang surut yang mendukung

keakuratannya, parameter yang mendukung adalah pasang surut dan karakteristiknya. Penentuan titik lokasi menggunakan GPS (Global Positioning System) Garmin Oseanografi TNI AL, sebagai pengolahan verifikasi data peramalan dengan data pengamatan, peta bethimetri, peta rupaumi wilayah perairan Cilacap.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Metode deskriptif merupakan suatu penelitian yang bermaksud mengadakan pemeriksaan dan pengukuran-pengukuran terhadap gejala tertentu (Fathoni, 2006). Penelitian dilakukan dengan pengukuran data pasang surut untuk mengetahui nilai pasang tertinggi dan surut terendah dalam memperoleh potensi energi pasang surut, kemudian dilakukan verifikasi data lapangan dan data peralaman untuk mengetahui karakteristiknya dan analisisnya.

Metode pengamatan pasang surut dalam penelitian ini menggunakan Palem Pesut selama 15 hari pada bulan Oktober tahun 2014. Menurut Subakti (2012) analisa data secara umum dibagi atas beberapa bagian berdasarkan jenis data yang digunakan dalam perhitungan dan kajian data. Analisa data pasang surut dilakukan dengan menggunakan Metode Admiralty untuk memperoleh nilai konstanta harmonik pasang surut yang meliputi Amplitudo (A)CM, M2, S2, K1, O1, N2, K2, P1, M4, MS4, mengetahui tipe pasang surut berdasarkan nilai formhazl, MSL, HHWL, dan LLWL.

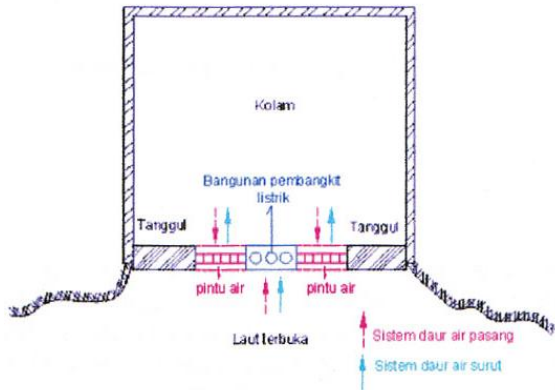
Metode Admiralty atau kuadrat terkecil yang dikembangkan oleh A.T. Doodson, sistematika pengolahan data pengamatan pasang surut dengan bantuan skema dan tabel – tabel pengali (Poerbandono dan Djuarsah, 2005).

Tinggi Potensi Energi Pasang Surut

Hasi dari perhitungan konstanta harmonik pasang surut, diperoleh nilai tinggi potensi energi pasang surut berdasarkan muka air tinggi tertinggi (HHWL) dan tinggi muka air rendah terendah (LLWL) dalam satuan meter.

Simulasi Energi Pasang Surut

Potensi energi pasang surut di peroleh dengan menggunakan simulasi sistem kolam tunggal dan sistem daur ganda. Sistem kolam tunggal ini merupakan gabungan dari sistem daur tunggal pasang dan daur surut (Dandekar dan Sherma, 1991 dalam Tantrawati, 2007)



Gambar 1. Susunan kolam tunggal (Sumber: Dandekar dan Sherma, 1991 dalam Tantrawati, 2007)

Sistem ini sangat menguntungkan karena mampu membangkitkan tenaga listrik pada waktu pasang dan surut yang terdapat kira-kira 705 daur air pasang dalam satu tahun dengan memanfaatkan efisiensi turbin yang digunakan sebesar 0,75 kg/m³. Perkiraan energi dihitung berdasarkan besarnya fungsi luas kolam dan beda tinggi pasang serta debit yang dihasilkan dengan persamaan perhitungan sebagai berikut:

$$V = A \times \Delta h \dots\dots\dots (1)$$

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (2)$$

$$P = \frac{c \times hp \times Q \times \gamma}{75} \dots\dots\dots (3)$$

Selama kurun waktu satu tahun terdiri dari 365 hari dengan sistem daur ganda diketahui 705 daur pasang penuh maka energi yang dihasilkan selama satu tahun diperoleh berdasarkan perhitungan sebagai berikut:

$$E_{(1 \text{ tahun})} = \frac{2 \times c \times hp \times Q \times \gamma \times t \times 705 \times 0,736 \text{ kWh}}{75}$$

- Dimana :
- V : Volume aliran masuk kolam (m³)
 - A : Luas kolam (m²)
 - Δh : Beda tinggi pasang dan surut (m)
 - Q : Debit air rata rata – rata (m³/detik)
 - t : Lamanya pembangkit dalam satu kali operasi produksi (Detik)
 - P : Besarnya tenaga (Daya) yang dihasilkan Kwh
 - hp : beda tinggi pasang dan surut rata-rata
 - γ : berat jenis air laut 1,025 kg/m³

Verifikasi Hasil Perhitungan Pasang Surut

Verifikasi hasil dari perhitungan pasang surut yang dilakukan untuk membandingkan hasil pasang surut pengamatan dilapangan dengan pasang surut data sekunder. Besar kesalahan yang terjadi dihitung dengan mencari nilai MRE (Mean Relativ Error) (Riyanto, 2004 dalam Latifah, 2008). Perhitungan untuk mencari nilai tersebut adalah:

$$MRE = \frac{|X - C|}{X} \times 100\%$$

- Dimana:
- MRE: Mean Relatif Error (Rata-rata kesalahan relatif)
 - C : Data hasil pengamatan lapangan
 - X : Data peralaman

$$\text{Kebenaran (\%)} = 100 - \frac{\text{Total MRE}}{\text{Jumlah data}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pasang Surut

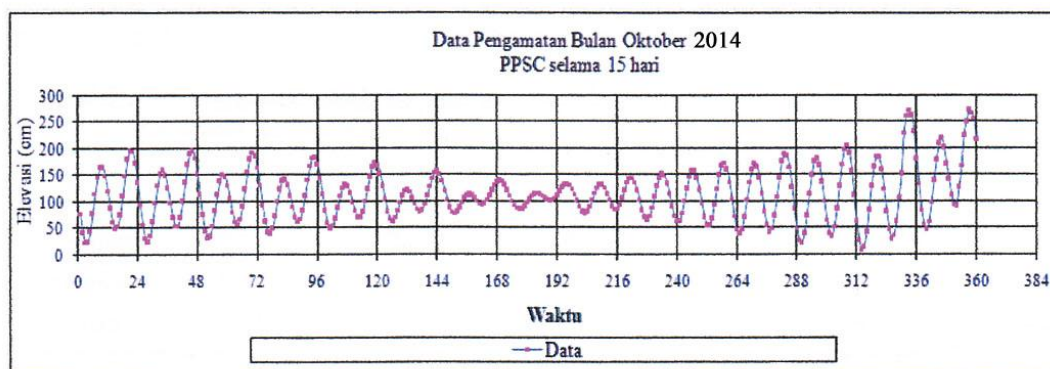
Pengamatan pasang surut selama 15 hari di perairan Kabupaten Cilacapa menghasilkan nilai konstanta harmonik yaitu nilai amplitudi dan nilai kelambatan fase antara lain adalah S0, M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, M4, MS4, yang kemudian hasilnya akan dirata – ratakan selama kurun waktu satu tahun untuk mencari nilai Formzhal untuk mengetahui karakteristik pasang surut di perairan tersebut (Tabel 1)

Tabel 1. Hasil Perhitungan Nilai Konstanta Harmonik Pasang Surut Menggunakan Metode Admiralty Selama 15 Hari Pada Bulan Oktober Tahun 2014

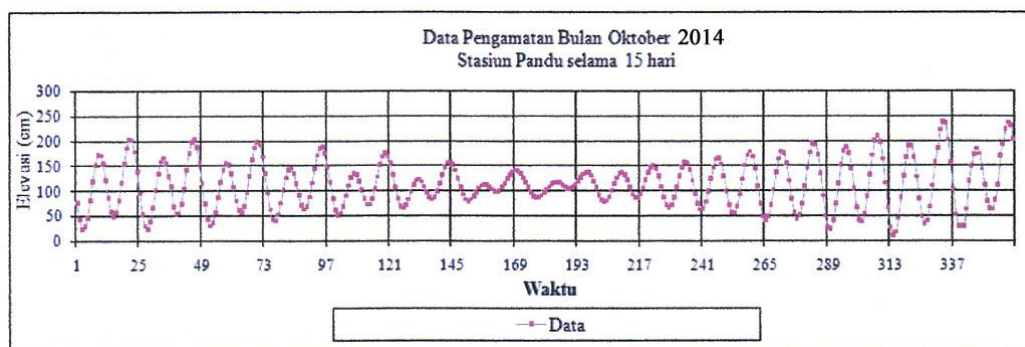
Lokasi		So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
PPSC	Acm	136	31	24	27	5	9	8	3	1	1
	g		342	234	138	234	311	305	311	124	40
Pandu	Acm	130	31	23	27	5	8	9	3	1	1
	g		344	235	140	235	312	299	312	96	333

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai Konstanta Harmonik Pasang Surut Menggunakan Metode Admiralty Selama 29 Hari Pada Bulan Oktober Tahun 2014

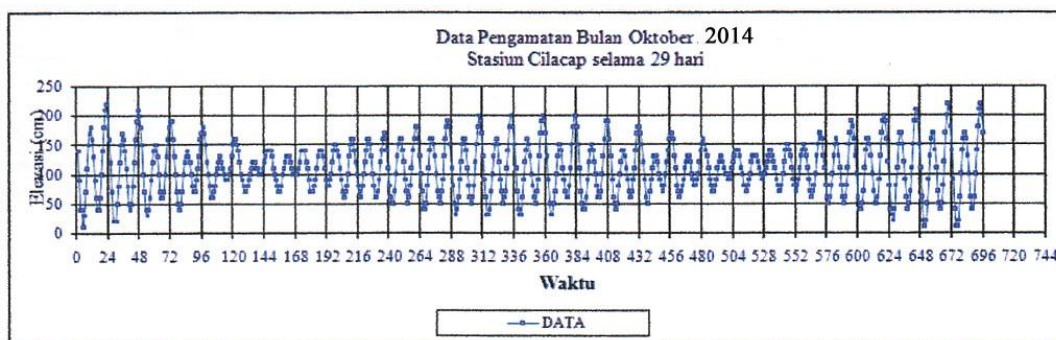
Hasil Terakhir											
	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4	
Acm	110	50	29	11	7	13	12	4	0	0	
g		21	245	309	245	324	329	324	303	49	



Gambar 2a. Grafik pengamatan pasang surut selama 15 hari di PPSC



Gambar 2b. Grafik pengamatan pasang surut selama 15 hari di Stasiun Pandu



Gambar 2c. Grafik pengamatan pasang surut selama 15 hari di Perairan Kabupaten Cilacap

Sedangkan hasil data pengamatan selama 29 hari dari peramalan pasang surut DISHIDROS TNI AL di Stasiun Cilacap pada bulan Oktober tahun 2014 menghasilkan nilai konstanta harmonik seperti pada tabel 2.

Grafik pasang surut yang diperoleh berdasarkan pengamatan selama 15 hari dan 29 hari di perairan Cilacap dapat dilihat pada gambar 2a, 2b dan 2c.

Gambar 2c merupakan hasil pengamatan pasang surut selama 29 hari berdasarkan BMKG yang bersumber dari DISHIDROS TNI AL pada bulan Oktober 2014. Hasil yang diperoleh nilai Formhazl berdasarkan perhitungan menggunakan metode Admiralty, dapat menentukan karakteristik atau tipe pasang surut dari perolehan nilai Formhazl. Pada titik stasiun pengamatan pasang surut didapat nilai formhazl 0,3. Pengelompokan tipe pasang surut yang terdapat di perairan Kabupaten Cilacap, Propinsi Jawa Tengah yaitu Pasang Surut Campuran Condong Ke Harian Ganda.

Tinggi Pasang Surut

Berdasarkan perhitungan analisa konstanta harmonik pasang surut diperoleh hasil tinggi pasang surut di Perairan Kabupaten Cilacap berdasarkan selisih antara HHWL (*Highest High Water Level*) dan LLWL (*Lowest Low Water Level*) selama 15 hari atau 29 hari.

Pada tabel 4a hasil tinggi pasang surut yang diperoleh selama 1 tahun pada tahun 2013 diperoleh rata-rata tingginya sebesar 2,30 di Perairan Cilacap. Tinggi terbesar diperoleh pada bulan Agustus sebesar 2,40 meter.

Pada tabel 4b hasil tinggi pasang surut yang diperoleh selama 2 tahun pada tahun 2013 – 2014 diperoleh rata-rata tingginya sebesar 2,29 di Perairan Cilacap. Tinggi terbesar diperoleh pada bulan Februari dan September sebesar 2,34 meter.

Berdasarkan hasil tabel 4a dan 4b diperoleh grafik tinggi pasang surut

Tabel 3. Hasil tinggi pasang surut pada 3 lokasi pengamatan di Perairan Kabupaten Cilacap

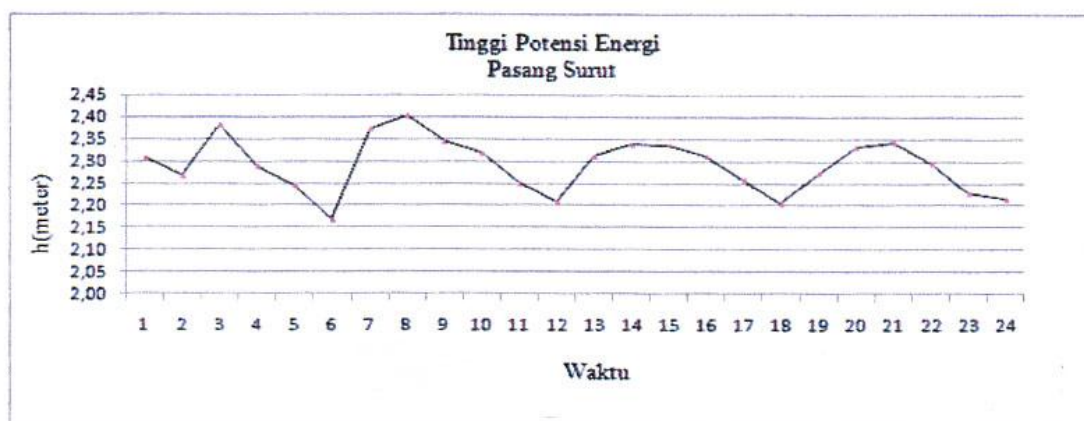
No	Bulan	Tahun	HHWL (m)	LLWL (m)	h(m)	Titik Lokasi
1	Oktober	2011	2,2	0,6	1,6	PPSC
2	Oktober	2011	2,1	0,5	1,6	Pandu
3	Oktober	2011	2,3	-0,05	2,35	Cilacap

Tabel 4a. Hasil tinggi pasang surut tahun 2013 di Perairan Kabupaten Cilacap Propinsi Jawa Tengah

No	Bulan	Tahun	HHWL (m)	LLWL (m)	h(m)
1	Januari	2010	2,26	-0,05	2,31
2	Februari	2010	2,20	-0,07	2,27
3	Maret	2010	2,29	-0,09	2,38
4	April	2010	2,28	-0,01	2,29
5	Mei	2010	2,22	-0,02	2,24
6	Juni	2010	2,18	-0,05	2,17
7	Juli	2010	2,31	-0,06	2,37
8	Agustus	2010	2,30	-0,10	2,40
9	September	2010	2,27	-0,07	2,34
10	Oktober	2010	2,26	-0,06	2,32
11	November	2010	2,23	-0,02	2,25
12	Desember	2010	2,21	0,00	2,21
Rata – rata			2,25	-0,05	2,30

Tabel 4b. Hasil tinggi pasang surut tahun 2014 di Perairan Kabupaten Cilacap Propinsi Jawa Tengah

No	Bulan	Tahun	HHWL (m)	LLWL (m)	h(m)
1	Januari	2011	2,26	-0,05	2,31
2	Februari	2011	2,23	-0,11	2,34
3	Maret	2011	2,27	-0,07	2,33
4	April	2011	2,25	-0,06	2,31
5	Mei	2011	2,23	-0,03	2,26
6	Juni	2011	2,20	0,00	2,20
7	Juli	2011	2,24	-0,04	2,27
8	Agustus	2011	2,26	-0,07	2,33
9	September	2011	2,27	-0,07	2,34
10	Oktober	2011	2,25	-0,05	2,29
11	November	2011	2,21	-0,02	2,23
12	Desember	2010	2,21	-0,01	2,21
Rata – rata			2,24	-0,05	2,29



Gambar 3. Grafik Tinggi potensi energi pasang surut

selama kurun waktu 2 tahun di Perairan Kabupaten Cilacap. Tertinggi diperoleh pada bulan Agustus 2013 dan September 2014.

Simulasi Energi Pasang Surut

Hasil yang diperoleh berdasarkan simulasi untuk luasan kolam sebesar 1100 m² didapat energi selama kurun waktu satu tahun sebesar 61.161 kWh (Tabel 5).

Pada Tabel 5 merupakan besar energi pasang surut tiap bulan selama kurun waktu satu tahun di perairan kabupaten Cilacap dengan besar energi 61.161 kWh.

Gambar 4 merupakan hasil perhitungan potensi energi pasang surut

yang diperoleh berdasarkan simulasi luasan kolam sebesar 1,1 km² pada tabel 5. Potensi energi pasang surut dalam kurun waktu satu tahun pada 2014.

Verifikasi Hasil Perhitungan Pasang Surut

Hasil verifikasi dari data pengamatan pasang surut dengan data peralaman pasang surut perhitungannya sebagai berikut:

$$MRE = \frac{|X - C|}{X} \times 100\%$$

Dimana:

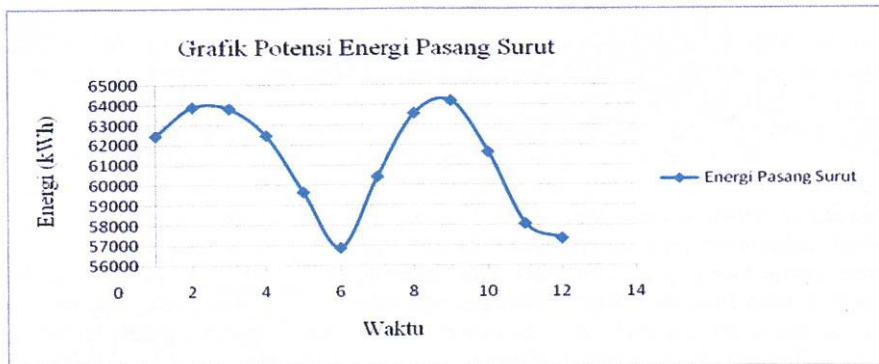
MRE = Mean Relatif Error (Rata-rata kesalahan relatif)

C = Data hasil pengamatan lapangan

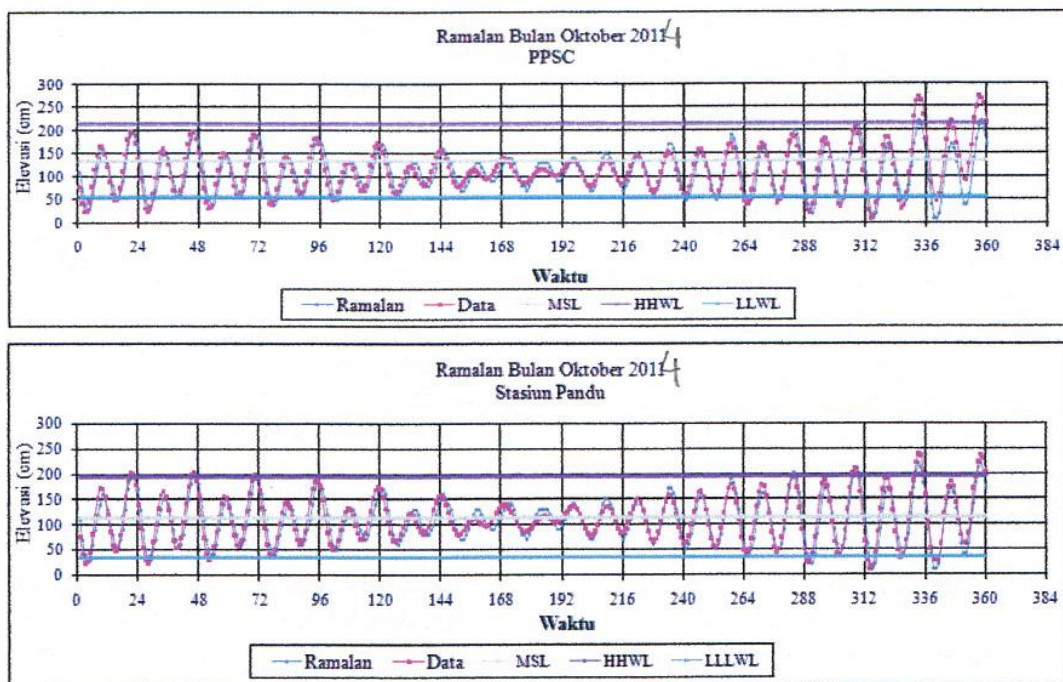
X = Data peralaman

Tabel 5. Energi yang dihasilkan selama kurun waktu satu tahun

Luas Kolam	$\Delta h(m)$	V	Q	E(kWh)
1.100	2,3101	2,26	0,7059	62.440
1.100	2,3364	2,23	0,7139	63.869
1.100	2,3349	2,27	0,7134	63.790
1.100	2,3102	2,25	0,7059	62.449
1.100	2,2578	2,23	0,6899	59.646
1.100	2,2049	2,20	0,6737	56.885
1.100	2,2721	2,24	0,6942	60.403
1.100	2,3307	2,26	0,7122	63.562
1.100	2,3421	2,27	0,7156	64.184
1.100	2,2949	2,25	0,7012	61.625
1.100	2,2276	2,21	0,6807	58.064
1.100	2,2137	2,21	0,6764	57.341
Rata-rata	2,2863	2514,921	0,6986	61.161



Gambar 4. Grafik potensi energi pasang surut tahun 2011



Gambar 11. Grafik verifikasi pasang surut bulan Oktober 2014, 2 lokasi di Perairan Kabupaten Cilacap

Tinggi potensi energi pasang surut di perairan Kabupaten Cilacap yang diperoleh sangat tinggi berdasarkan pasang maksimum dan surut terendah. Menurut Manuaba (2008) energi yang diperoleh dari pembangkit pasang surut yaitu pada saat air laut pasang maupun saat air laut surut. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada stasiun 1 tinggi pasang tertinggi lebih besar dibanding dengan stasiun 2 karena terdapat breakwater atau pemecah gelombang sedangkan pada stasiun 2 tidak ada penghalang langsung bertemu dengan laut, sehingga volume air pada waktu pasang di stasiun 1 sangat tinggi karena keluar masuk air lebih banyak dibandingkan dengan stasiun 2.

Tinggi potensi energi pasang surut berdasarkan hasil yang diperoleh dikarenakan pada saat bulan purnama atau bulan baru yang terjadi secara bergiliran setiap dua minggu sekali, ketika posisi bulan dan matahari terletak pada garis lurus dengan bumi sehingga terjadi pasang tertinggi selama 15 hari yaitu pada bulan baru dan bulan penuh. Menurut Setyawan (2008) perilaku pasang surut berbeda-beda tergantung lokasi dan waktu di pantai selatan Jawa.

Potensi energi pasang surut yang diperoleh di Perairan Kabupaten Cilacap berdasarkan simulasi pembuatan kolam pasang surut selama satu tahun dengan luasan kolam sebesar 1,1 km² memperoleh konversi energi selama satu tahun 61.161 kWh. Semakin besar luasan kolam yang dibentuk dan lamanya waktu yang diperoleh dalam operasi produksi maka semakin besar potensi energi yang dihasilkan sehingga pemanfaatan energi yang diketahui dapat dijadikan acuan dalam pembangunan perencanaan kedepannya untuk memperoleh energi pasang surut yang maksimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tipe pasang surut di Perairan Kabupaten Cilacap adalah campuran condong ke harian ganda

dengan nilai formzahl = 0,3. Analisa admiralty selama pengamatan 15 hari dan 29 hari diperoleh nilai muka air tinggi tertinggi (*Highest High Water Level, HHWL*) dan (*Lowest Low Water Level, LLWL*) di perairan Kabupaten Cilacap, untuk stasiun 1 (PPSC) nilai HHWL sebesar 2,2 m dan LLWL sebesar 0,6 m, stasiun 2 (stasiun pandu) HHWL sebesar 2,1 m dan LLWL sebesar 0,5 m selama pengamatan 15 hari. Sedangkan hasil perhitungan HHWL dan LLWL untuk data peramalan yang bersumber dari DISHIDROS TNI – AL selama 29 hari diperoleh HHWL sebesar 2,3 dan LLWL sebesar -0,05 m di perairan Kabupaten Cilacap.

Hasil tinggi potensi pasang surut di Perairan Kabupaten Cilacap berdasarkan perhitungan selisih antara HHWL dan LLWL sebesar 2,3 m dan potensi energi yang diperoleh berdasarkan simulasi dengan luasan 1,1 km² sebesar 61.161 kWh selama kurun waktu satu tahun pada tahun 2014.

DAFTAR PUSTAKA

- Dahuri, Rokhim. Jacob Rias dan Sapta P.G. 2001. *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. Pradaya Paramita: Jakarta.
- Dandekar, M.M dan Sharma, K.N.1991. *Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Fathoni, A. 2006. *Metodologi Penelitian dan Teknik Penyusunan Skripsi*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Kadir, A. 1995. *Energi Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi Edisi Kedua*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Kadir, A. 2004. *Pusat Listrik Tenaga Pasang Surut : Suatu Potensi Yang Cukup Besar dalam Teknologi dan Energi* 06(03): 226 – 238.
- Latifah, N. 2010. *Studi Hidrodinamika dan Kualitas Perairan di Pelabuhan Perikanan Pengembangan – Bali*. Skripsi Sarjana Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Diponegoro Semarang.
- Manuaba, IBG dan Kadek. 2008. *Potensi Energi Pasang Surut (Tidal Energy untuk Alternatif Pembangkit Tenaga Listrik di Bali*. Bali, 15 (3): 338 – 349.

- Poerbandono dan Djunarsjah, E. 2005. *Survei Hidrografi*. Refika Aditama: Bandung.
- Setyawan, A.D., Ari Susilowati dan Wiryanto. 2002. *Habitat Reliks Vegetasi Mangrove di Pantai Selatan Jawa*. FMIPA: UNS Surakarta, 03 (3): 242 – 256.
- Subakti, H. 2012. *Karakteristik Pasang Surut dan Pola Arus di Muara Sungai Musi Sumatera Selatan*. FMIPA Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, 15 (1): 35 – 39.
- Sumotarto, U. 2003. *Pemanfaatan Energi Pasang Surut*. *Jurnal Sains Indonesia*, 05 (5): 85 – 93.
- Tantrawati, E. 2007. *Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Pasang Surut Sistem Daur Ganda dengan Kolam Tunggal*. Ull, Yogyakarta, 04(1): 64 – 76.
- Wulandari, D. 2002. *Studi Potensi Energi Angin, Energi Gelombang dan Energi Pasang Surut Indonesia*. Thesis Teknik Sipil Institut Teknik Geologi Bandung.