

STUDI POLA ARUS DAN POTENSI ENERGI ARUS LAUT DI PERAIRAN UJONG PANCU, ACEH BESAR

Julian Saputra, Purwanto, Aris Ismanto*)

Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas
Diponegoro

Jl. Prof. Sudarto, SH Tembalang Tlp. / Fax. (024)7474698 Semarang 50275

Email: julian.saputra75@gmail.com

ABSTRAK

Samudera Indonesia terdiri dari gugusan pulau-pulau yang membentuk selat dan dialiri arus laut. Arus laut adalah gerakan massa air laut ke arah horizontal dan vertikal dalam skala besar. Gerakan massa air itu dapat dimanfaatkan untuk pengembangan energi alternatif. Untuk itu dilakukan studi pola arus dan potensi energi arus laut guna mengetahui pola sirkulasi arus, serta mengetahui area dan besarnya potensi energi listrik yang dapat dikonversikan sehingga dapat menjadi referensi untuk pengembangan energi alternatif. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Penelitian dilakukan di perairan Ujong Pancu yang secara administratif terletak di desa Lampageu, Kecamatan Peukan Bada, Kabupaten Aceh Besar. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah data arus laut yang diukur pada tanggal 31 Agustus-1 September 2014 menggunakan *2D-Current Meter Infinity EM*, didukung dengan data sekunder yaitu data pasang surut dan peta bathimetri. Guna mengetahui pola arus secara umum digunakan pendekatan model hidrodinamika 2 dimensi yang dibangun menggunakan *software SMS* dengan metode elemen hingga (*finiteelement*) ADCIRC. Hasil simulasi pola arus di perairan Ujong Pancu, arus bergerak dominan ke arah tenggara dan barat laut. Pada daerah teluk arus bergerak mengikuti morfologi teluk, sedangkan pada selat Aroi Cut arus bergerak mengikuti penampang pulau. Kecepatan maksimum arus sebesar 3,41 m/det yang terjadi pada kondisi pasang menuju surut, sedangkan kecepatan arus minimum 0,02 m/det yang terjadi pada saat surut. Area yang memiliki arus dengan kecepatan 3,41 m/det adalah di Selat Aroi Cut, dimana potensi rapat daya yang dihasilkan maksimal dapat mencapai 20.414,67 W/m².

Kata Kunci: Arus laut; potensi energi; SMS; ADCIRC; Ujong Pancu

ABSTRACT

Indonesian Ocean consists of cluster of islands that form the straits flowed by sea current. Sea current is the movement of sea water mass both horizontally and vertically on a large scale. The movement of the water mass can be utilized as an alternative energy. Thus a study of sea current patterns and energy potential is needed. The purpose of this research is to identify the sea current circulation patterns, and to identify the area and the amount of electrical energy available. The result is expected to be a reference for the development of alternative energy. The method used in this research is quantitative method. The research was done in the Ujong Pancu Waters, Lampageu Village, Pekan Bada Sub-District, Aceh Besar District. The primary data used in this research was sea current data, which was measured on August 31st to September 1st 2014 by using *2D-Current Meter Infinity EM*. Secondary data used in this research were tidal data and bathymetry map. 2-Dimensional hydrodynamic model was built using ADCIRC module in SMS software with finite element method to identified current circulation. The results then were analyzed to determine the sub-area and the sea current energy potential. Based on the result, it is known that mostly the sea current moves to southeast and northwest. At the bay, the sea current's movements is following the bay's morphology, while at the Aroi Cut Strait, the sea current's movements is following the island's morphology. The maximum velocity of the sea current is 3,41 m/s which occurs between low tide to high tide, while the minimum velocity of the sea current is 0,02 m/s which occurs at low tide. The area that having the maximum velocity is the Aroi Cut Strait, where the power density potential could reach 20.414,67 W/m².

Keyword: Sea Current; potential energy; SMS; ADCIRC; Ujong Pancu

PENDAHULUAN

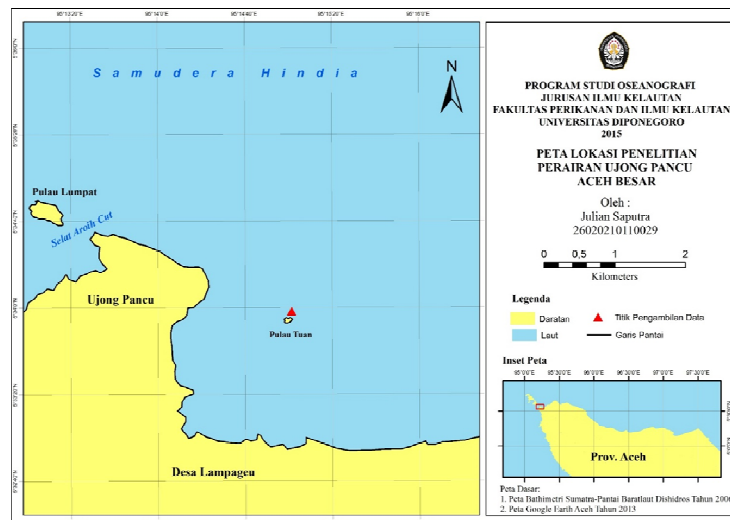
Ketersediaan sumber daya energi marak dibicarakan akhir-akhir ini. Penggunaan energi dari pembakaran fosil yang disediakan oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) memiliki kekurangan diantaranya tidak meratanya suplai energi hingga ke pelosok negeri dan biaya operasional yang mahal (Purba *et al*, 2010). Wilayah perairan Indonesia, terutama selat-selat yang menghadap Lautan Hindia dan Samudera Pasifik ternyata memiliki arus laut yang kuat. Aliran arus laut (karena pasang surut) atau arus sungai menyimpan energi hidro-kinetik yang dapat dikonversi menjadi daya listrik. Besarnya daya listrik bergantung pada densitas fluida, penampang aliran, dan kecepatan alirannya. Saat ini sebagian besar energi yang digunakan berasal dari bahan bakar fosil, yaitu bahan bakar minyak, gas, dan batubara. Kerugian penggunaan bahan bakar fosil ini selain merusak lingkungan, juga tidak terbarukan (*non-renewable*) dan tidak berkelanjutan (*unsustainable*) (Erwandi, 2005). Permasalahan yang terjadi di daerah Ujong Pancu, penggunaan listrik dari PLN memiliki beberapa kekurangan. Selain mahal, terkadang sering terjadi pemadaman listrik baik diakibatkan perbaikan maupun pemadaman bergilir akibat pasokan listrik yang kurang. Salah satu solusi permasalahan energi adalah dengan mengadakan studi pola arus dan potensi energi dari arus laut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pola sirkulasi dan kecepatan arus laut di perairan Ujong Pancu, serta mengetahui area dan besarnya potensi energi yang dapat dikonversikan dari nilai kecepatan arus melalui simulasi pemodelan hidrodinamika 2 dimensi. Penelitian ini dilaksanakan selama tiga tahap yaitu tahap survei lokasi (20-24 Agustus 2014), tahap pengambilan data lapangan (31 Agustus-1 September 2014) dan pengumpulan data sekunder serta tahap pengolahan data. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

MATERI DAN METODE

Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah data arus sebagai data primer. Pengukuran data primer berupa data arus di perairan Ujong Pancu dilakukan dengan survei lapangan dengan pendekatan *eulerian*. Pengukuran arus dilakukan di perairan Ujong Pancu pada titik koordinat $5^{\circ}33'54,24''$ LU dan $95^{\circ}15'1,38''$ BT dengan menggunakan alat *2D Current Meter Infinity EM (Electro Magnetic)*. *Infinity EM* diletakkan secara statis pada kedalaman 7 meter selama 25 jam. Data sekunder sebagai data pendukung yaitu data pasang surut dan peta bathimetri. Data pasang surut pengukuran selama 15 hari di Perairan Sabang yang diperoleh dari BIG (Badan Informasi Geospasial), sementara peta bathimetri yang digunakan adalah Peta Bathimetri Sumatera-Pantai Barat laut tahun 2006 dengan skala 1:250.000 yang dikeluarkan oleh Dishidros-TNI AL.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif yang merupakan metode ilmiah karena telah memenuhi kaidah-kaidah ilmiah konkret, obyektif, terukur, rasional, sistematis. Metode kuantitatif adalah metode yang menggunakan data penelitian berupa angka-angka dan analisis menggunakan statistika atau model. Sedangkan metode penentuan lokasi menggunakan metode *area sampling*. *Area Sampling* adalah teknik dalam penentuan titik sampel dengan *coverage* area yang sangat luas (Sugiyono, 2013). Penentuan titik pengukuran arus pada penelitian ini berdasarkan beberapa pertimbangan yang telah dikoordinasikan dengan Panglima Laôt Kabupaten Aceh Besar.

Metode Pengolahan Data

Pengolahan data arus dilakukan menggunakan *software Microsoft Excel*. Nilai arus yang terekam di lapangan merupakan komponen arus total dan arus dalam arah vektor kecepatan *u* (timur-barat) dan *v* (utara-selatan). Nilai ini kemudian digunakan dalam pemisahan arus pasut dan non pasut untuk melihat arus dominan di perairan Ujong Pancu.

Pemodelan hidrodinamika 2 dimensi dibangun menggunakan *software SMS 8.0 & 8.1 (Surface Modelling water System* versi 8.0 & 8.1) dengan metode elemen hingga ADCIRC dan peta bathimetri sebagai peta dasar untuk membangun model. ADCIRC adalah metode elemen hingga (*finiteelement*) yang digunakan untuk menghitung sirkulasi air laut untuk memecahkan pemodelan perairan dangkal pada *grid* yang tidak terstruktur. Dalam sistem koordinat kartesian persamaan dasar yang digunakan oleh ADCIRC adalah persamaan konversi massa (kontinuitas) dan gerak (momentum) (Luettich and Westerink, 2004) yang dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial uH}{\partial x} + \frac{\partial vH}{\partial y} = 0$$

dengan ζ adalah elevasi muka air (m), *H* kedalaman total perairan, *u* kecepatan arus komponen sumbu *x* (m/det), *v* kecepatan arus komponen sumbu *y* (m/det).

Data pendukung digunakan untuk melengkapi hasil penelitian. Pengolahan data pasang surut dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Excel (Admiralty)*. Data pasang surut diolah untuk menentukan komponen yang sangat penting bagi daerah penelitian, karena akan digunakan sebagai tempat pembangkit listrik. Komponen tersebut diantaranya konstanta harmonik pasut (M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, M4, MS4), MSL, HHWL, LLWL, dan tipe pasut yang ada pada lokasi penelitian dengan menghitung bilangan Formzahl.

Simulasi potensi energi dihasilkan dari pemodelan hidrodinamika 2 dimensi. Potensi arus laut ini berasal dari kecepatan arus laut yang bergerak dalam arah horizontal. Hal ini dilakukan karena nilai kecepatan arus berbanding lurus dengan besarnya rapat daya. Potensi energi arus laut dapat diketahui dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan matematis dari Fraenkel. Adapun persamaan Fraenkel dapat ditulis sebagai berikut:

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

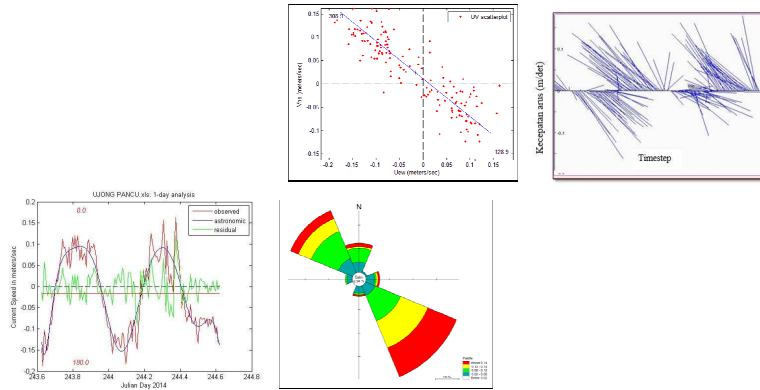
dimana *P* adalah daya listrik yang dihasilkan (kW), ρ adalah densitas air laut (gr/cm³), *A* adalah luas bidang turbin untuk menangkap debit aliran air (m²), dan *V* adalah kecepatan aliran arus (m/det).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

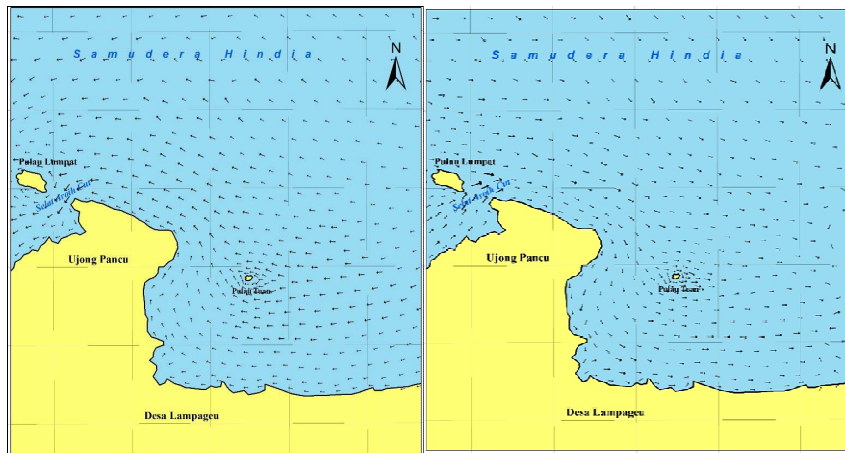
Berdasarkan hasil pengolahan data arus perairan Ujong Pancu, kecepatan arus minimum di perairan Ujong Pancu adalah 0,03 m/det yang terjadi pada tanggal 1 September 2014 pukul 9.30,

kecepatan maksimal 0,23 m/det yang terjadi pada tanggal 1 September 2014 pukul 2.20 dan kecepatan rata-rata adalah 0,12 m/det. Adapun arus laut bergerak dominan ke arah barat laut dan tenggara. Hasil pengolahan data arus pada stasiun pengukuran dalam bentuk *scatter plot* dan *stick diagram* dapat dilihat pada Gambar 2.



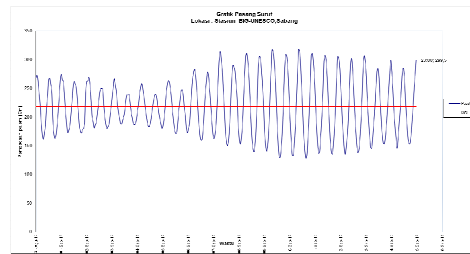
Gambar 2. Scatter plot, stick diagram, current rose, dan grafik pemisah arus

Arah arus pada saat pasang menuju surut arah arus bergerak dari timur ke arah barat laut. Arus di wilayah teluk bergerak ke arah barat kemudian keluar ke arah utara. Sedangkan arah arus pada kondisi surut menuju pasang arah arus bergerak menuju arah arus bergerak dari barat laut ke arah timur. Untuk daerah teluk arus masuk mengikuti garis pantai menuju ke arah timur. Adapun peta sebaran arus disajikan dalam bentuk vektor seperti yang terlihat pada Gambar 4 berikut :



Gambar 4. Peta Pola Arus Pada Kondisi Pasang Menuju Surut dan Surut Menuju Pasang

Hasil pengolahan data pasang surut dengan menggunakan metode *Admiralty* diketahui bahwa tipe pasang surut di daerah Ujong Pancu adalah tipe pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*) dengan bilangan *Formzahl* (nilai $F=0,19$). Nilai muka air laut rerata (*Mean Sea Level*) = 217,71 cm, Tinggi Muka Air Terendah (*Lowest Low Water Level*) = 125,74 cm, dan tinggi muka air tertinggi (*Highest High Water Level*) = 309,68 cm. Grafik pasang surut tersaji pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Pasang Surut pada Stasiun BIG, Sabang (Sumber: Pengolahan Data, 2015).

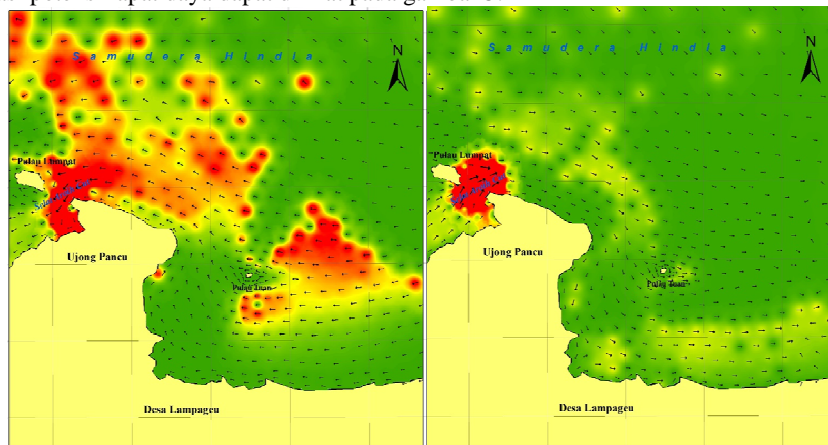
Berdasarkan hasil pendekatan simulasi model hidrodinamika 2 dimensi diketahui nilai kecepatan arus maksimal terjadi di Selat Aroih Cut. Nilai arus maksimal pada selat ini adalah sekitar 3,41 m/det. Pada kondisi arus pasang menuju surut, kecepatan arus diketahui paling besar sebesar 1,44 m/det yang dapat dikonversi menjadi potensi rapat daya sebesar 1.516 W/m². Sedangkan pada kondisi surut menuju pasang, kecepatan arus maksimal mencapai 3,41 m/det dimana dapat dikonversi menjadi potensi rapat daya sebesar 20.414,67 W/m². Berikut tabel perhitungan potensi rapat daya pada empat kondisi pasang surut di Selat Aroih Cut. Konversi arus laut ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Rapat Daya Pada Empat Kondisi Pasang Surut

Kondisi Pasang Surut	Kecepatan Arus (m/det)	Rapat Daya (W/m ²)
Pasang	0,69	170,69
Surut	0,38	28,12
Pasang menuju surut	1,44	1.516
Surut menuju pasang	3,41	20.414,67

(Sumber: Pengolahan data, 2015).

Peta simulasi potensi rapat daya dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Potensi energi Listrik Pada Kondisi Pasang Menuju Surut dan Surut Menuju Pasang

Pembahasan

Berdasarkan analisa karakteristik arus laut pada lokasi penelitian, diketahui jenis arus di perairan Ujong Pancu merupakan arus pasang surut dan residu, akan tetapi arus dominan adalah arus pasang surut. Pergerakan arus *bi-directional* dikarenakan perubahan elevasi muka air. Sesuai dengan pernyataan Poerbandono dan Djunasjah (2005) bahwa arus pasang surut mempunyai arah sifat bergerak berlawanan dari arah menuju pantai dan menjauhi pantai yang menyebabkan meninggi dan merendahnya permukaan laut.

Hasil pemodelan hidrodinamika 2 dimensi yang tersaji pada Gambar 4 Saat kondisi surut, arus bergerak ke arah barat laut. Pada daerah teluk arus bergerak ke arah barat kemudian berbelok ke utara. Hal ini disebabkan pergerakan arus mengikuti morfologi teluk dan dipengaruhi oleh pergerakan elevasi muka air. Pada Selat Aroih Cut arus bergerak menuju barat kemudian berbelok ke arah barat daya. Ini diakibatkan arus berbelok kembali mengikuti penampang selat. Pergerakan arus masih terjadi pada kondisi ini disebabkan pengaruh gesekan angin terhadap muka air laut .

Pada kondisi arus pasang menuju surut arah arus bergerak ke arah barat laut. Sama seperti pada saat surut arus pada daerah teluk bergerak mengikuti garis pantai ke arah barat kemudian bergerak ke utara keluar daerah teluk. Begitu juga dengan kondisi surut menuju pasang arah arus sama dengan kondisi surut dimana arus bergerak dominan ke arah barat laut.

Perubahan kecepatan arus yang sangat besar pada kedua kondisi ini. Hal ini diakibatkan gaya pasang surut yang bekerja menyebabkan pergerakan massa air. Perubahan kecepatan terjadi akibat perbedaan bathimetri dan pergerakan elevasi muka air. Pada area teluk, kecepatan arus mengalami fluktuasi akibat perbedaan bathimetri. Nilai kecepatan arus terbesar terjadi di Selat Aroih Cut. Selat Aroih Cut dialiri oleh arus dengan kecepatan yang besar diakibatkan terjadi penyempitan penampang yang dilewati oleh arus. Menurut Chaudhry (2007), pada daerah selat berlaku persamaan kontinuitas dimana massa air yang melewati penampang yang lebih luas masuk ke dalam area dengan penampang yang lebih sempit, maka kecepatan debit air akan semakin besar.

Hasil konversi nilai kecepatan arus dari simulasi pemodelan hidrodinamika 2 dimensi menunjukkan potensi energi terdapat di Selat Aroih Cut, dan terjadi maksimal pada saat kondisi surut menuju pasang. Nilai kecepatan arus di Selat Aroih Cut berbeda antara saat pasang menuju surut maupun surut menuju pasang. Hal ini diakibatkan gaya pasang surut dari laut lepas menuju daratan memiliki lebih besar karena pengaruh Samudera Hindia. Probabilitas rapat daya yang dihasilkan juga berbeda. Perbedaan nilai rapat daya terhadap kecepatan yang sangat pesat karena dipengaruhi oleh densitas air laut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hagerman (2006) bahwa kecepatan arus berbanding lurus terhadap rapat daya yang dihasilkan.

Selat Aroih Cut yang menjadi potensi rapat daya terlihat berwarna merah. Keadaan ini diakibatkan oleh nilai kecepatan arus laut yang besar dan berbanding lurus dengan daya yang dapat dihasilkan sehingga pada keadaan perubahan elevasi muncul daerah optimal yang diwakilkan dengan warna merah. Kecepatan arus minimal pada saat surut 0,38 m/s dengan nilai konversi sebesar 28,12 W/m², dan maksimal sebesar 3,41 m/det dan rapat daya maksimal sebesar 20.414 W/m². Sesuai dengan pernyataan Hagerman (2009) bahwa nilai *cut in speed* adalah lebih besar dari 0,3 m/det maka arus di Selat Aroih Cut telah memenuhi dapat dijadikan area potensi pengembangan energi alternatif.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari studi pola arus dan potensi energi arus laut di perairan Ujong Pancu adalah bahwa pola arus yang terjadi di perairan Ujong Pancu adalah arus Pasang surut. Pola pergerakan arus di wilayah Ujong Pancu bergerak ke arah tenggara (128,9^o) dan barat laut (308,9^o), Sedangkan pada daerah teluk bergerak mengikuti kontur teluk, dan pada daerah selat arus bergerak melewati penampang selat. Kecepatan arus maksimal mencapai 3,41 m/det yang terjadi pada kondisi surut menuju pasang. Potensi arus yang dapat dikonversikan sebesar 20.414,67 W/m²

DAFTAR PUSTAKA

- Chaudhry, M.H. 2007. Open-Channel Flow Second Edition. University of South Carolina, Department of Civil and Environmental Engineering, Springer Publisher, Columbia, 60 p.
- Erwandi. 2005. Sumber Energi Arus: Alternatif Pengganti BBM, Ramah Lingkungan, dan Terbarukan. Laboratorium Hidrodinamika Indonesia BPP Teknologi, Jakarta, 5 hlm.
- Fraenkel, P.I. 2002. Power from Marine Currents. Marine Currents Turbines Ltd. 2 Amherst Avenue, Ealing, London W13 8NQ, United Kingdom, 14p.
- Hagerman, G. 2006. EPRI North American Tidal In Stream Power Feasibility Demonstration Project: Methodology for Estimating Tidal Current Energy Resources and Power Production by Tidal In-Stream energy Conversion (TISEC) Devices. EPRI, America, 55 p.
- Luettich, R and J. Westerink. 2004. Formulation and Numerical Implementation of The 2D/3D ADCIRC Finite element Model. 10(44): 74 p.
- Poerbandono dan E. Djunasjah. 2005. Survei Hidrografi. PT. Refika Aditama, Bandung, 166 hlm.

Purba, P.N., S. Firman dan R. Wijaya. 2010. Kajian Energi Baru dari Arus Lintas Indonesia (ARLINDO). Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Universitas Padjadjaran, Bandung, 5 hlm.

Sugiyono. 2013. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Alfabeta. Bandung, 372 hlm.