

STUDI KARAKTERISTIK PASANG SURUT PERAIRAN LAUT MIMIKA, PROVINSI PAPUA

Baigo Hamuna^{1*}, Rosye H.R. Tanjung², John D. Kalor¹, Lisiard Dimara¹, Ervina Indrayani¹, Maklon Warpur¹, Yunus Y.P. Paulangan¹ dan Calvin Paiki¹

¹Jurusan Ilmu Kelautan dan Perikanan, FMIPA - Universitas Cenderawasih

²Jurusan Biologi, FMIPA - Universitas Cenderawasih

*Corresponding author: bhamuna@yahoo.com.sg

ABSTRAK

Salah satu karakteristik perairan Mimika adalah banyaknya sungai-sungai besar yang bermuara di wilayah perairan Mimika yang mempengaruhi berbagai aktivitas, salah satunya adalah aktivitas transportasi kapal berukuran besar yang akan masuk dan keluar di pelabuhan Poumako dan Port Site-Freeport harus melalui sungai dan sangat bergantung pada proses pasang surut air laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mengkaji karakteristik pasang surut di perairan Mimika, Provinsi Papua. Data yang digunakan adalah data pasang surut selama 29 hari dengan interval pengamatan 1 jam. Penentuan tipe pasang surut dan tinggi muka air rata-rata dengan menggunakan metode Least-Squares. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa tipe pasang surut di perairan Mimika adalah pasang surut campuran condong ke harian tunggal dengan bilangan Formzahl 2,9498. Hal ini berarti bahwa pada perairan Mimika dalam sehari terjadi satu kali atau dua kali pasang dengan interval tinggi air laut yang berbeda. Adapun nilai komponen-komponen elevasi muka air pada periode pengamatan yang meliputi HHWL (4,3153 m), MHWL (2,4476 m), MSL (1,7996 m), MLWL (0,9938 m), dan LLWL (0,3102 m).

Kata Kunci: Metode Least-Squares, Formzahl, pasang surut, Perairan Mimika

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Secara umum, perairan Papua merupakan perairan dengan kondisi oseanografi perairan umumnya bersifat dinamis secara horizontal maupun vertikal, baik di bagian utara Papua maupun bagian baratdaya Papua. Perairan utara Papua dikenal sebagai tempat berkumpulnya massa air yang datang dari bumi belahan selatan melalui South Equatorial Current (SEC) dan utara dari Samudera Pasifik melalui North

Equatorial current (NEC) serta North Equatorial Counter Current (NECC) (Kashino et al., 1996). Sedangkan di bagian baratdaya Papua secara umum merupakan bagian dari Laut Arafura, namun di sisi lain terdapat pengaruh daratan yang sangat besar di bagian selatan Papua karena banyaknya sungai-sungai yang berukuran besar yang bermuara di laut yang dapat memperikan pengaruh terhadap karakteristik oseanografi perairan.

Kondisi oseanografi perairan Mimika memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap proses transportasi barang dan jasa ke pelabuhan yang ada di Kabupaten Mimika, yaitu Pelabuhan Pomako sebagai pelabuhan umum dan Pelabuhan Port-Site milik PT. Freeport Indonesia. Selain kondisi batimetri yang cukup dangkal untuk kapal yang berukuran besar, terutama di bagian muara sungai dan tingginya suplai sedimen dan limbah industri dari daratan melalui aliran sungai, kondisi pasang surut air laut juga memegang peranan yang sangat penting. Saat ini, terutama kapal yang berukuran besar harus menunggu kondisi air laut pasang untuk masuk dan keluar area pelabuhan Pomako dan pelabuhan Port-Site yang terdapat di dalam muara sungai.

Pasang surut air laut merupakan fenomena naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik yang disebabkan oleh pengaruh gravitasi benda-benda langit. Gaya-gaya pembangkit pasang surut ditimbulkan oleh gaya tarik menarik bumi, bulan dan matahari (Triatmodjo, 2012). Gaya tarik menarik antara bumi dan bulan tersebut menyebabkan sistem bumi-bulan menjadi satu sistem kesatuan yang beredar bersama-sama sekeliling sumbu perputaran bersama. Pembentukan pasang surut air laut sangat dipengaruhi oleh gerakan utama matahari dan bulan (Ongkosongo dan Suyarso, 1989), yaitu:

1. Revolusi bulan terhadap bumi, dimana orbitnya berbentuk elips dan memerlukan periode untuk menyelesaikan revolusi itu selama 29,5 hari.

2. Revolusi bumi terhadap matahari dengan orbitnya berbentuk elips, periode yang diperlukan adalah 365,25 hari.
3. Perputaran bumi terhadap sumbunya sendiri, periode yang diperlukan untuk gerakan ini adalah 24 jam.

Pengaruh gravitasi benda-benda langit terhadap bumi tidak hanya menyebabkan pasang surut air laut, tetapi juga mengakibatkan perubahan bentuk bumi (bodily tides) dan atmosfer (atmospheric tides). Faktor non astronomi yang mempengaruhi pasang surut terutama di perairan semi tertutup (teluk) antara lain adalah bentuk garis pantai dan topografi dasar perairan. Fenomena pembangkitan pasang surut menyebabkan perbedaan tinggi permukaan air laut pada kondisi kedudukan-kedudukan tertentu dari bumi, bulan dan matahari. Fenomena lain yang berhubungan dengan pasang surut adalah arus pasang surut, yaitu gerak badan air menuju dan meninggalkan pantai saat air pasang dan surut (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Oleh karena itu, pengetahuan tentang pasang surut sangat diperlukan. Pasang surut sebagai salah satu parameter hidro-oseanografi yang dapat memberikan pengaruh terhadap perubahan profil wilayah pantai dan pesisir, transportasi laut dan kegiatan perikanan. Karena sifat pasang surut yang periodik, maka pasang surut dapat diramalkan. Pasang surut juga sangat mempengaruhi kehidupan organisme laut, terutama pada daerah intertidal dan daerah litoral. Dengan adanya pasang surut, organisme-organisme memiliki strategi ekologi sendiri-sendiri untuk bisa bertahan hidup.

Disamping itu, pasang surut sangat mempengaruhi ekosistem mangrove yang merupakan pilar pertahanan alam utama pada daerah pesisir dari ancaman badai, erosi dan lain-lain (Hasriyanti, 2015; Pugh, 1987 dalam Tanto et al., 2016).

Dari uraian singkat diatas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan menentukan tipe pasang surut perairan Mimika, serta memprediksi elevasi muka air laut yang nantinya dapat digunakan untuk kepentingan pengembangan dan pengelolaan wilayah pesisir di Kabupaten Mimika, Provinsi Papua.

II. METODOLOGI

Data pasang surut air laut diperoleh dari Dinas Perhubungan Kabupaten Mimika, Provinsi Papua. Data yang diperoleh berupa fluktuasi air laut hasil pengukuran selama 29 hari -

(15 September – 13 Oktober 2016) dengan interval data setiap 1 (satu) jam.

Data yang diperoleh kemudian diolah lebih lanjut untuk mengetahui nilai-nilai amplitudo komponen harmonik pasang surut. Hal ini dimungkinkan karena pasang surut bersifat sebagai gelombang, dari nilai amplitudo dan periode masing-masing komponen pasang surut tersebut dapat di analisis karakteristik pasang surutnya melalui penjumlahan komponen pasang surut yang ada.

Metode yang digunakan dalam pengolahan data pasang surut adalah metode *Least-Squares*. Metode tersebut dapat digunakan untuk menghitung komponen harmonik pasang surut yang terdiri dari tinggi air laut rata-rata (mean sea level), amplitudo dan fasa yang terdiri atas 9 (sembilan) komponen utama pasang surut, antara lain:

M2	: Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh posisi bulan
S2	: Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh posisi matahari
N2	: Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh perubahan jarak bulan
K2	: Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh perubahan jarak matahari
O1	: Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh deklinasi bulan
P1	: Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh deklinasi matahari
K1	: Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh deklinasi matahari dan bulan
M4	: Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh pengaruh ganda M2
MS4	: Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh interaksi antara M2 dan S2

Konstanta-konstanta tersebut diatas digunakan untuk penentuan tipe pasang surut yang terjadi dengan menentukan perbandingan antara amplitudo (tinggi gelombang) unsur-unsur pasang surut tunggal utama dengan unsur-unsur pasang surut ganda utama

menggunakan bilangan Formzahl dengan mengacu pada persamaan berikut:

$$F = \frac{(O1+K1)}{(M2+S2)}$$

dimana:	S2	= konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh posisi matahari
F	=	bilangan formzahl
K1	=	konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh deklinasi bulan dan matahari
O1	=	konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh deklinasi bulan
M2	=	konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh posisi bulan

Bilangan Formzahl memiliki range tertentu untuk menentukan tipe pasang surut suatu perairan laut. Adapun kriteria untuk menentukan tipe pasang surut sebagai berikut:

$F \leq 0.25$:	Pasang surut tipe ganda (<i>semidiurnal tides</i>)
$0,25 < F \leq 1,5$:	Pasang surut tipe campuran condong ke harian ganda (<i>mixed tide prevailing semidiurnal</i>)
$1,50 < F \leq 3,0$:	Pasang surut tipe campuran condong ke harian tunggal (<i>mixed tide prevailing diurnal</i>)
$F > 3.0$:	Pasang surut tipe tunggal (<i>diurnal tides</i>)

Selanjutnya, dari data-data komponen harmonik pasang surut yang telah diperoleh, kemudian diolah lebih lanjut untuk memperoleh nilai elevasi penting muka air laut, antara lain:

- o Muka air tinggi tertinggi (Highest High Water Level, HHWL)
- o Muka air tinggi rerata (Mean High Water Level, MHWL)
- o Muka air laut rata-rata (Mean Sea Level, MSL)
- o Muka air rendah rerata (Mean Low Water Level, MLWL)
- o Muka air rendah terendah (Lowest Low Water Level, LLWL).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Tipe Pasang Surut

Matahari dan bumi akan menghasilkan fenomena pasang surut yang mirip dengan fenomena yang diakibatkan oleh bumi dan bulan (Pariwono, 1992). Perbedaan yang utama adalah gaya penggerak pasang surut yang disebabkan oleh matahari hanya separuh dari kekuatan yang disebabkan oleh bulan, dikarenakan jarak bumi dan bulan yang jauh lebih dekat dibanding jarak matahari dan bumi, meskipun massa -

matahari jauh lebih besar daripada massa bulan.

Gaya penggerak pasang surut dapat diuraikan sebagai hasil gabungan sejumlah komponen harmonik pasang surut dan dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) bagian komponen, antara lain tengah harian (semi diurnal), harian (diurnal), dan periode panjang (quarterly). Komponen-komponen harmonik pasang surut berdasarkan hasil analisis dan pengolahan data yang diperoleh dan perbandingan relatif kekuatannya dapat dilihat dalam Tabel 1 berikut.

Frekuensi air pasang dan surut setiap hari menentukan tipe pasang surut dan secara kuantitatif tipe pasang surut dapat ditentukan oleh perbandingan antara amplitudo unsur-unsur pasang surut ganda utama dan unsur-unsur pasang surut tunggal utama. Berdasarkan komponen-komponen harmonik pasang surut pada Tabel 1 diatas, diperoleh bilangan Formzahl perairan Mimika adalah 2,9498. Dari bilangan Formzahl yang dihasilkan tersebut, maka tipe pasang surut perairan Mimika berdasarkan data yang digunakan adalah tipe pasang surut campuran condong ke harian tunggal (mixed tide prevailing diurnal). Hal ini menandakan bahwa pada perairan Mimika terjadi sekali atau dua kali pasang dalam sehari dengan interval yang berbeda dengan bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang kedua (asimetris) dengan bentuk condong diurnal.

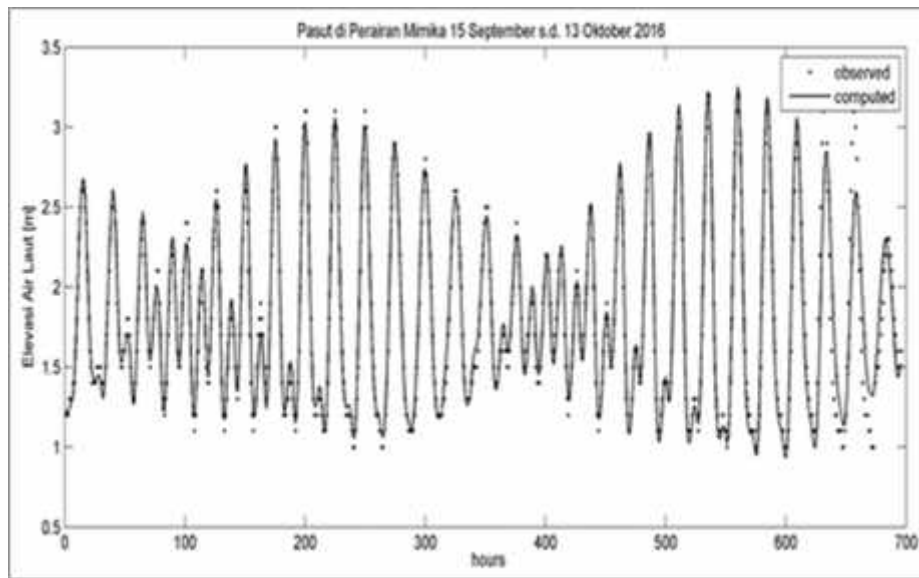
Walaupun secara umum perairan Mimika merupakan bagian dari Laut Arafura, namun tipe pasang surut di perairan Mimika berbeda dengan tipe pasang surut Laut Arafura. Tipe

pasang surut Laut Arafura merupakan pasang surut dengan tipe campuran condong ke harian ganda (mixed tide prevailing semidiurnal) yang merupakan ciri khas pasang surut yang umumnya terjadi di perairan Indonesia Bagian Timur dan perairan Pantai Selatan Jawa (Wyrcki, 1961; Triatmojo, 1999). Akan tetapi, tipe pasang surut Laut Arafura tersebut secara perlahan akan berevolusi menjadi tipe pasang surut campuran condong ke harian tunggal (mixed tide prevailing diurnal) ketika semakin mendekati wilayah pesisir baratdaya Papua, termasuk perairan Mimika (Wyrcki, 1961; Pranowo dan Wirasantosa, 2011).

Dari data pasang surut yang diperoleh, muka air laut rerata (MSL) perairan Mimika adalah 1,7996 meter. MSL merupakan muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata, dimana pasang tertingginya sebesar 1,0 meter dan pasang terendahnya sebesar 3,2 meter. Adapun fluktuasi pasang surut perairan Mimika, Provinsi Papua berdasarkan data yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Nilai Amplitudo dan fase komponen harmonik pasang surut perairan Mimika

Komponen Pasang Surut	Simbol	$\frac{g^{\circ}}{Fase}$	Amplitudo (m)
<i>Average water level</i>	S0	0	1,7970
<i>Semidiurnal:</i>			
<i>Main lunar constituent</i>	M2	6,1151	0,2919
<i>Main solar constituent</i>	S2	2,5797	0,2476
<i>Lunar constituent, due to Earth-Moon distance</i>	N2	1,0924	0,0603
<i>Soli-lunar constituent, due to the change of declination</i>	K2	2,7559	0,1255
<i>Diurnal:</i>			
<i>Soli-lunar constituent</i>	K1	3,0050	0,9586
<i>Main lunar constituent</i>	O1	2,1089	0,6328
<i>Main solar constituent</i>	P1	5,6208	0,4841
<i>Quarterly:</i>			
<i>Main lunar constituent</i>	M4	1,8132	0,0106
<i>Soli-lunar constituent</i>	MS4	2,1451	0,0237



Gambar 1. Fluktuasi pasang surut perairan Mimika (periode 15 September – 13 Oktober 2016).

3.2. Elevasi penting Muka Air Laut

Elevasi penting muka air sangat bermanfaat untuk keperluan pengembangan dan pengelolaan daerah pesisir. Pasang surut merupakan faktor terpenting di dalam menentukan elevasi muka air rencana. Dengan penentuan elevasi penting muka air, dapat terlihat dengan jelas tinggi muka air tiap hari kejadian pasang dan surut di perairan Mimika. Sehingga dapat menentukan kapan terjadinya pasang purnama dan pasang perbani di sekitar perairan. Elevasi muka air laut selalu berubah

setiap saat, sehingga perlu suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut yang diperoleh. Secara teoritis, panjang data yang dibutuhkan untuk nilai elevasi yang lebih valid adalah 18,6 tahun yang merupakan periode ulang pasang surut, dimana sangat berkaitan dengan periode pergeseran titik tanjak orbit bulan yaitu selama 18,6 tahun serta untuk memastikan bahwa pada saat surut astronomis terendah selang waktu 18,6 tahun berada dalam satu periode gelombang (Hasibuan, 2009). Tabel 2 menyajikan beberapa nilai elevasi penting muka air laut.

Tabel 2. Elevasi penting muka air perairan Mimika berdasarkan prediksi 1 siklus pasang surut

Elevasi Muka Air	Tinggi Elevasi (m)
HHWL	4,3153
MHWL	2,4476
MSL	1,7996
MLWL	0,9938
LLWL	0,3102

Dari hasil analisa pada Tabel 2, kondisi elevasi muka air laut di perairan Mimika dalam 1 siklus pasang surut dapat dijabarkan sebagai berikut:

- HHWL adalah air tertinggi dari dua air tinggi dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran. Air tertinggi biasanya terjadi pada saat pasang surut purnama. Elevasi HHWL perairan Mimika adalah 4,3153 meter atau 2,5157 meter diatas MSL.
- MHWL adalah rerata dari muka air tinggi selama periode satu siklus pasang surut. Nilai MHWL perairan Kabupaten Mimika dalam satu siklus pasang surut adalah 2,4476 meter atau 0,6479 meter diatas MSL.
- MLWL adalah rerata dari muka air rendah selama satu siklus pasang surut. Elevasi MLWL perairan Mimika adalah 0,9938 meter atau 0,9059 meter dibawah MSL.
- LLWL adalah air terendah dari dua air rendah dalam satu hari, biasanya terjadi pada pasang surut tipe campuran. Elevasi LLWL perairan Mimika adalah 0,3102 meter atau 1,4895 meter dibawah nilai MSL.

Menurut Fadilah et al. (2014) HHWL sangat diperlukan untuk perencanaan bangunan pantai, sedangkan LLWL sangat diperlukan untuk perencanaan pembangunan pelabuhan. Selain itu, elevasi muka air tersebut banyak digunakan dalam perencanaan

bangunan pantai dan pelabuhan seperti kedalaman kolam pelabuhan dan kedalaman alur pelayaran diperhitungkan terhadap keadaan muka air rendah terendah, draft kapal serta kelonggaran bawah. Elevasi lantai dermaga, elevasi puncak pemecah gelombang diperhitungkan terhadap keadaan muka air tinggi tertinggi, disamping faktor-faktor yang lain seperti kenaikan air (water set up).

Dari hasil prediksi elevasi pasang surut muka air minimum dan maksimum tahunan (Tabel 3), dapat diketahui nilai HHWL terjadi pada tahun ke 13 dan LLWL pada tahun ke 19

dimana setiap tahunnya mengalami perubahan. Perubahan elevasi air laut ini disebabkan oleh faktor astronomis, dimana dalam faktor astronomis kedudukan bumi terhadap benda-benda langit (bulan dan matahari) senantiasa berubah-ubah secara periodik. Dalam setiap kedudukan tersebut, antara bumi, bulan dan matahari terjadi gaya tarik menarik, sehingga dengan adanya sistem kedudukan tersebut, gaya yang terjadi pun berubah secara periodik dan mengakibatkan permukaan air laut ikut mengalami perubahan.

Tabel 3. Prediksi elevasi LLWL dan HLWL

Tahun ke-	LLWL (m)	HLWL (m)
1	0,4083	4,3050
2	0,4113	4,2909
3	0,4053	4,2497
4	0,4227	4,2750
5	0,4214	4,2992
6	0,4101	4,2918
7	0,3848	4,2643
8	0,3835	4,2805
9	0,4022	4,3060
10	0,3872	4,2900
11	0,3461	4,2685
12	0,3579	4,2688
13	0,3659	4,3153
14	0,3483	4,3056
15	0,3217	4,2766
16	0,3247	4,2666
17	0,3332	4,3124
18	0,3212	4,3039
19	0,3102	4,2944

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bilangan Formzahl perairan Mimika sebesar 2,9498 yang menandakan bahwa tipe pasang surut perairan Mimika adalah campuran condong ke harian tunggal (mixed tide prevailing diurnal) dimana terjadi sekali atau dua kali pasang dalam sehari dengan interval yang berbeda dengan bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang

kedua (asimetris) dengan bentuk condong diurnal. Tinggi muka air laut rerata (MSL) perairan Mimika adalah 1,7996 meter. Nilai elevasi penting muka air lainnya dalam satu siklus periode pasang surut antara lain HHWL (4,3153 m), MHWL (2,4476 m), MLWL (0,9938 m) dan LLWL (0,3102 m), dimana HHWL terjadi pada tahun ke 13 dan LLWL pada tahun ke 19 yang mengalami perubahan setiap tahunnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Fadilah, Supirin, & Sasongko, D. P. (2014). Menentukan tipe pasang surut dan muka air rencana perairan laut Kabupaten Bengkulu Tengah menggunakan metode admiralty, *Maspari Journal*, 6(1), 1-12.
- Hasibuan, P. G. (2009). Analisis surut atronomis terendah di perairan Sabang, Sibolga, Padang, Cilacap dan Benoa menggunakan superposisi komponen harmonik pasang surut. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Hasriyanti. (2015). Tipe gelombang dan pasang surut di perairan Pulau Dutungan Kabupaten Barru Sulawesi Selatan, *Jurnal Sainsmat* 4(1), 14-27.
- Kashino, Y., M. Aoyoma, T. Kawano, N. Hendiarti, Syaefudin, Y. Anantasena, K. Muneyama, & H. Watanabe. (1996). The water masses between Mindanao and New Guinea. *J. Geophys. Res*, 101(C5), 391-400.
- Ongkosongo, O. S. R., & Suyarso. (1989). Pasang surut. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Pusat Pengembangan Oseanologi. Jakarta.
- Pariwono, J. I. (1992). Proses-proses fisika di wilayah pantai. Makalah disajikan dalam Pelatihan Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Secara Terpadu dan Holistik. Pusat Penelitian Lingkungan. Lembaga Penelitian Institut Pertanian Bogor.
- Poerbandono, & Djunasjah, E. (2005). Survei hidrografi. Bandung. Penerbit PT. Refika Aditama.
- Pranowo, W. S., & Wirasantosa, S. (2011). Tidal regimes of Arafura and Timor Seas, *Journal of Marine Research in Indonesia*, 36(1), 21-28.
- Tanto, T. A., Husrin, S., Wishu, U. J., Putra, A., Putri, R. K., & Ilham. 2016. Karakteristik oseanografi fisik (batimetri, pasang surut, gelombang signifikan dan arus laut) perairan Teluk Bungus, *Jurnal Kelautan*, 9(2), 108-121.
- Triatmodjo, B. (2012). Perencanaan bangunan pantai. Yogyakarta. Penerbit Beta Offset.

- Triatmojo, B. (1999). *Tehnik pantai*. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada.
- Wyrtki, K. (1961). *Physical oceanography of the Southeast Asian waters*. NAGA Report Vol 2. The University of California. La Jolla, California.