

Studi Muka Air Laut Rencana dan Elevasi Puncak *Breakwater* di Wilayah Pesisir Kecamatan Tugu, Kota Semarang

Falah As'adi Bisyri*, Alfi Satriadi dan Purwanto

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH Tembalang Tlp. / Fax. (024)7474698 Semarang 50275
*Email: falahbisyri@gmail.com

Abstract

Semarang is also one of the cities with high levels of vulnerability, danger and risk due to climate change impacts (Hartati, 2016). Climate change can affect sea level rise. One sector that is directly threatened by sea level rise is the coastal sector, the result is a storm of beach (Rob) that causes coastal erosion in the coast area of Tugu District, Semarang. Efforts undertaken in protecting coastal areas of Tugu subdistrict from the negative impact of erosion is the development of breakwater by the community with the assistance of funds from the Environmental Agency (BLH) of Central Java province. However, the condition of the breakwater in Tugu District is currently damaged so that it reduces its function as a protective beach. The purpose of this research is to find out the design water level which is determined based on tides and can be used as a reference to determine the height of the breakwater peak which must be continuously adjusted to the sea level rise to maintain its function. The retrieval of wave field data was taken using the Sontek Argonaut-XR ADCP instrument at a depth of 10 meters below sea level. Wave and tidal analysis was carried out to determine the planned water level and peak breakwater elevation using Microsoft Excel and SLP 64 software. Based on the analysis done obtained the ideal designed water level height was 2.87 m - 2.91 m and peak elevation breakwater is 4.02m - 4.38m for concrete block building structures.

Keywords: Design Water Level, Peak Elevation, Breakwater, Tugu subdistrict

Abstrak

Semarang juga merupakan salah satu kota dengan tingkat kerentanan, bahaya dan resiko tinggi akibat dampak perubahan iklim (Hartati, 2016). Perubahan iklim dapat mempengaruhi kenaikan muka air laut. Salah satu sektor yang langsung terancam bahaya kenaikan muka air laut adalah sektor pesisir pantai, akibatnya yaitu badai pasut (rob) yang menyebabkan erosi pantai di Wilayah Pesisir Kecamatan Tugu, Kota Semarang. Upaya yang dilakukan dalam melindungi daerah Pesisir Kecamatan Tugu dari dampak negatif erosi yaitu pembangunan breakwater oleh masyarakat dengan bantuan dana dari Badan Lingkungan Hidup (BLH) Provinsi Jawa Tengah. Namun, kondisi breakwater di Kecamatan Tugu saat ini sudah rusak sehingga mengurangi fungsinya sebagai alat pelindung pantai. Tujuan dari Penelitian ini yaitu untuk mengetahui muka air rencana yang di tetapkan berdasarkan pasang surut dan dapat di jadikan acuan sebagai penentuan tinggi puncak breakwater yang harus terus di sesuaikan dengan kenaikan muka air laut untuk dapat mempertahankan fungsinya. Pengambilan data lapangan gelombang diambil menggunakan instrumen ADCP SonTek Argonaut-XR di kedalaman 10 meter di bawah permukaan laut. Analisa gelombang dan pasang surut dilakukan untuk menentukan nilai muka air rencana dan elevasi puncak breakwater dengan menggunakan software Microsoft Excel dan SLP 64. Berdasarkan analisa yang dilakukan didapatkan nilai tinggi muka air rencana yang ideal sebesar 2,87 m - 2,91 m dan elevasi puncak breakwater sebesar 4,02m - 4,38m untuk struktur bangunan blok beton.

Kata kunci: Muka Air Luat Rencana, Elevasi Puncak, Breakwater; Kecamatan Tugu

PENDAHULUAN

Kota Semarang terletak di antara 109° 50' BT - 110° 35' BT dan antara 6° 50' LS - 7° 10' LS (Sardiyatmo, 2004). Kota Semarang adalah ibukota Provinsi Jawa Tengah sekaligus kota metropolitan terbesar kelima di Indonesia setelah Jakarta, Surabaya, Medan, dan Bandung. Namun, Semarang juga merupakan salah satu kota dengan tingkat kerentanan, bahaya dan resiko tinggi akibat dampak perubahan iklim (Hartati, 2016). Perubahan iklim dapat mempengaruhi kenaikan muka air laut. Salah satu sektor yang langsung terancam bahaya kenaikan muka air laut adalah sektor pesisir pantai, akibatnya yaitu badai pasut (rob) yang menyebabkan erosi pantai di wilayah pesisir (Efendi, 2012).

Erosi pantai dapat diminimalisir dengan adanya bangunan pelindung pantai, hal ini sesuai dengan yang diungkapkan Hidayat (2016) bahwa *breakwater* merupakan bangunan pelindung pantai yang berfungsi mengurangi energi gelombang yang mengenai pantai dan menahan sedimen yang kembali kelaut.

Upaya yang dilakukan dalam melindungi daerah Pesisir Kecamatan Tugu dari dampak negatif erosi yaitu pembangunan *breakwater* oleh masyarakat dengan bantuan dana dari Badan Lingkungan Hidup (BLH) Provinsi Jawa Tengah. Tahun 2013 - 2016 Mercy Corps Indonesia bersama Tim Perubahan Iklim Kota Semarang mempunyai kegiatan untuk Meningkatkan ketahanan masyarakat pesisir melalui penguatan ekosistem mangrove dan pengembangan mata pencaharian berkelanjutan di Semarang, salah satu pembangunan untuk mendapat hasil yang optimal maka perlu dilakukan kajian yang mendalam terkait dengan aplikasi alat pemecah gelombang di Kecamatan Tugu, Kota Semarang (Hartati, 2016).

Kondisi *breakwater* di Kecamatan Tugu saat ini sudah rusak sehingga mengurangi fungsinya sebagai alat pelindung pantai. Oleh karena itu, analisa kenaikan muka air laut diperlukan untuk pengembangan dari *breakwater* tersebut. Tinggi *breakwater* harus terus disesuaikan dengan kenaikan muka air laut untuk dapat mempertahankan fungsinya. Tinggi muka air rencana dan elevasi puncak menjadi faktor penting yang harus diperhitungkan dalam menentukan elevasi *breakwater* (Triadmodjo, 2011).

MATERI dan METODE

Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan merupakan hasil pengukuran selama berada di lapangan. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah Data gelombang yang diambil menggunakan ADCP secara *time series* selama 4 hari pada saat angin dominan di Wilayah Pesisir Kecamatan Tugu, Semarang

Data sekunder merupakan data pendukung yang digunakan untuk melengkapi data penelitian. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini berupa :

1. Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Semarang Skala 1:41.510 dari Badan Informasi Geospasial (BIG)
2. Data pasang surut selama 5 tahun (2014-2018) dari Badan Informasi Geospasial (BIG) Stasiun Semarang
3. Peta batimetri Wilayah Pesisir Kecamatan Tugu Semarang dari Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP) Kota Semarang
4. Data angin selama 10 tahun (2008-2018) yang diperoleh dari *website OGIMET*
5. Data dimensi bangunan dari Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP) Kota Semarang

Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif. Data yang diperoleh dari metode kuantitatif berupa angka yang menggunakan hitungan, statistik, dan tabel (Sugiyono, 2009). Menurut Sarwono (2006), metode penelitian kuantitatif merupakan metode penelitian yang menguji teori, membangun fakta, menunjukkan hubungan antar variabel, memberikan deskripsi statistik, dan meramalkan hasil. Dalam penelitian ini data- data yang

digunakan dianalisis untuk memberikan deskripsi statistik dan meramalkan hasil terhadap tinggi muka rencana (*Design Water Level*) dan elevasi puncak *breakwater*.

Metode Analisis Penelitian

Angin

Menurut Triatmodjo (1999), data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data angin di permukaan laut pada lokasi pembangkitan yang diukur langsung di atas permukaan laut maupun diukur dari darat dekat lokasi peramalan. Pengukuran dan pencatatan data angin meliputi kecepatan angin, durasi angin, dan arah angin. Data angin yang digunakan dalam penelitian ini adalah data angin selama 10 tahun (2008-2018). Metode analisis data angin dalam penelitian ini menggunakan software *WR-plot*.

Peramalan Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang Akibat Angin

Peramalan gelombang menggunakan data angin dilakukan dengan menggunakan metode SMB.

Gelombang Lapangan

Data pengukuran gelombang lapangan yang telah dilakukan, diperoleh tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T), kemudian data-data tersebut diolah untuk mendapatkan gelombang representatif. Menurut Triatmodjo (1999), data pengukuran gelombang diurutkan dari gelombang tertinggi hingga tinggi gelombang terendah yang kemudian dihitung parameter gelombang representative.

Pasang Surut

Data pasang surut diolah dengan perangkat lunak SLP64 dengan metode *Least Square* untuk mendapatkan nilai komponen pasang surut. Hasil pengolahan data dengan perangkat lunak SLP64 dapat menampilkan besarnya amplitudo (A) dan beda fase (g°).

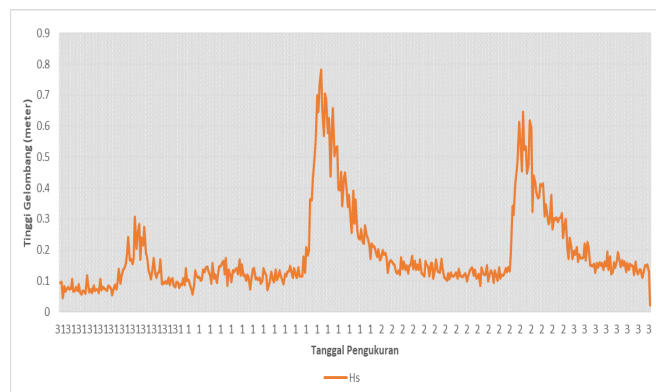
Wave set-up

Tinggi muka air rencana merupakan faktor yang sangat penting dalam perencanaan bangunan pantai. Tinggi muka air rencana adalah penjumlahan dari beberapa parameter seperti pasang surut, wave set up, wind set up dan juga kenaikan muka air laut karena pemanasan global.

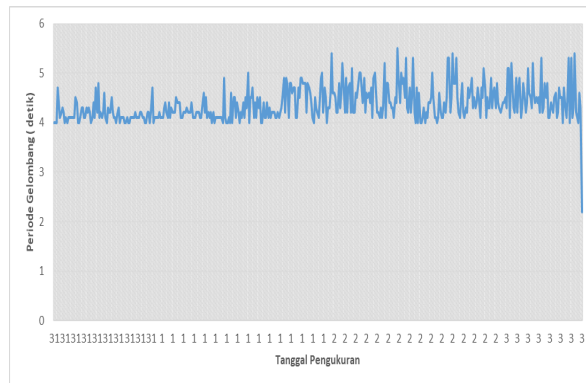
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gelombang Lapangan

Hasil analisis gelombang lapangan dapat di lihat pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik Tinggi Gelombang Signifikan Pengukuran di Perairan Tugu Semarang Tanggal 31 Oktober – 3 November 2018.

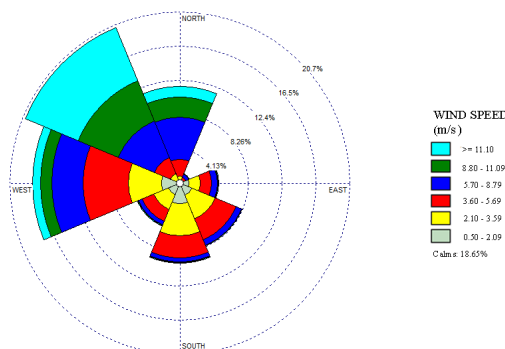


Gambar 10. Grafik Periode Gelombang Signifikan Pengukuran di Periran Tugu Semarang Tanggal 31 Oktober – 3 November 2018).

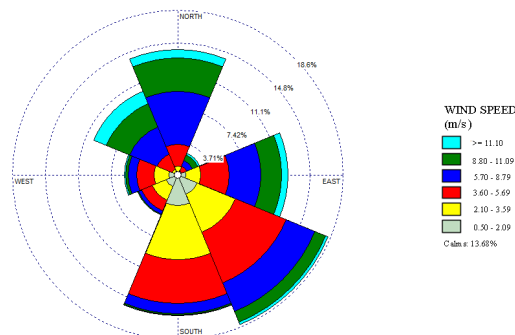
Berdasarkan hasil analisis gelombang pengukuran lapangan selama 4 hari, didapatkan nilai tinggi gelombang signifikan (H_s) sebesar 0,325 meter dengan periode gelombang signifikan (T_s) sebesar 4,77 sekon. Nilai ini selanjutnya digunakan sebagai data acuan untuk validasi antara gelombang hasil peramalan dengan gelombang pengukuran lapangan.

Angin dan Peramalan Gelombang

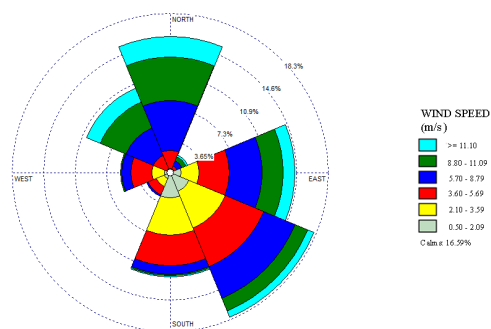
Mawar angin atau *windrose* berfungsi untuk mempermudah dalam menganalisis dalam menganalisis arah dan kecepatan angin. Data angin diinterpretasikan dengan *windrose* setiap musim selama sebelas tahun (2008-2018), yaitu Musim Barat, Musim Peralihan I, Musim Peralihan II, Dan Musim Timur. Frekuensi kejadian angin dari setiap musim berbeda – beda.



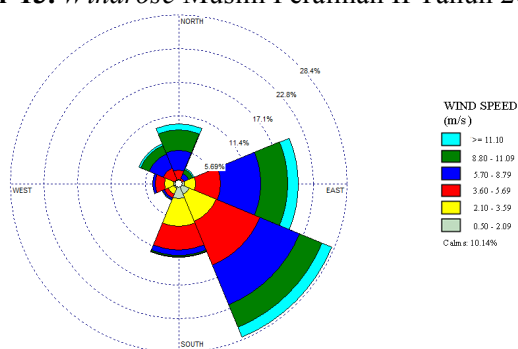
Gambar 11. *Windrose* Musim Barat Tahun 2008 – 2018



Gambar 12. *Windrose* Musim Peralihan I Tahun 2008 – 2018.



Gambar 13. Windrose Musim Peralihan II Tahun 2008 – 2018.



Gambar 14. Windrose Musim Timur Tahun 2008 – 2018.

Analisa peramalan gelombang menurut Sugianto (2014) dilakukan berdasarkan pengolahan data angin dari OGIMET selama 10 tahun (2008-2018), dikelompokkan menjadi data angin per musim. Data angin sebagai informasi arah datang gelombang selama 10 tahun tersaji dalam bentuk diagram mawar angin per musim.

Hasil peramalan gelombang adalah gelombang signifikan berupa tinggi dan periode gelombang signifikan pada kondisi maksimum (H_s maks dan T_s maks), pada kondisi rata – rata (H_s rerata dan T_s rerata) dan pada saat kondisi minimum (H_s min dan T_s min) pada setiap musim. Gelombang signifikan permusim disajikan dalam Tabel 8 dan periode signifikan permusim disajikan pada Tabel 9.

Tabel 8. Tinggi Gelombang Signifikan Data Peramalan Gelombang Permusim

Musim	H_s max (m)	H_s mean (m)	H_s min (m)
Barat	1,096	0,706	0,015
Peralihan I	0,675	0,467	0,015
Timur	0,675	0,461	0,015
Peralihan II	0,675	0,471	0,015

Tabel 9. Periode Gelombang Signifikan Data Peramalan Gelombang Permusim

Musim	T_s max (s)	T_s mean (s)	T_s min (s)
Barat	5,633	4,443	0,141
Peralihan I	4,422	3,634	0,138
Timur	4,422	3,604	0,185
Peralihan II	4,422	3,649	0,171

Pasang Surut

Tabel 11. Elevasi Muka Air Laut Tahun 2018 di Wilayah Pesisir Kecamatan Tugu

Elevasi (cm)	LLWL	LWL	MSL	HWL	HHWL
2014	86.1882	92	140.3818	180	197.1442
2015	107.9838	120	161.0781	211	217.4055
2016	135.832	146	184.953	230	236.778
2017	118.3309	129	173.7767	228	232.955
2018	98.6203	105	155.235	205	215.1576

Nilai Komponen pasang surut dapat digunakan untuk mengetahui tipe pasang surut dengan menghitung nilai *formzahl*. Menurut Poerbando dan Djuansyah (2005), nilai *formzahl* didapat dari perhitungan dibawah ini:

Nilai *Formzhal* terletak diantara nilai $1.5 < F < 3.0$ yang memiliki arti bahwa tipe pasang surut di pesisir Kecamatan Tugu adalah tipe pasang surut campuran condong ke harian tunggal. Hasil perhitungan nilai *formzhal* Wilayah Pesisir Kecamatan Tugu disajikan pada tabel 12.

Tabel 12. Hasil Perhitungan Nilai *Formzhal* di Wilayah Pesisir Kecamatan Tugu

Tahun	2014	2015	2016	2017	2018
Nilai <i>F</i>	1.6559	1.744	1.8519	1.5889	1.5980

$$D = \frac{A}{(v_{rel}^2 \rho_a)^2} + B \left(\frac{M_{air}}{M_{liq}} \right)^{-\beta}$$

Tinggi Muka Air Rencana

Elevasi muka air rencana dihitung dengan menjumlahkan nilai HHWL, *wave set-up* (S_w), *wind set-up* (Δh), dan *sea level rise* (SLR). Nilai dari elevasi muka air rencana (DWL) akan dipakai untuk menghitung nilai elevasi bangunan rencana. Hasil perhitungan elevasi muka air rencana disajikan pada Tabel 15.

Tabel 14. Hasil Perhitungan Elevasi Muka Air Rencana

Parameter	Elevasi Muka Air Rencana Permusim			
	Barat	Peralihan I	Peralihan II	Timur
HHWL	1,76	1,76	1,76	1,76
S_w (m)	0,11	0,07	0,07	0,07
Δh (m)	0,9	0,9	0,9	0,9
SLR (m)	0,14	0,14	0,14	0,14
DWL (m)	2,91	2,87	2,87	2,87

Elevasi Puncak *Breakwater*

Ketinggian *run-up* gelombang merupakan salah satu faktor penting yang berpengaruh terhadap desain bangunan karena digunakan dalam penentuan elevasi puncak bangun. Berdasarkan hasil *run-up* yang telah diperhitungkan dengan bahan bangunan yaitu berbahan beton

Musim	DWL(m)	run-up (m)	Tinggi Jagaan (m)	Elevasi Puncak (m)
Barat	2,91	0,97	0,5	4,38
Peralihan I	2,87	0,66	0,5	4,03
Timur	2,87	0,66	0,5	4,03
Peralihan II	2,87	0,65	0,5	4,02

PEMBAHASAN

Kondisi Gelombang

Berdasarkan hasil pengukuran gelombang di lapangan selama 4 hari dari tanggal 31 Oktober - 3 November 2018 di Pesisir Kecamatan Tugu Semarang diperoleh tinggi gelombang signifikan (H_s) sebesar 0,325 meter, tinggi gelombang maksimal (H_{maks}) sebesar 0,781 meter, dan tinggi gelombang minimum (H_{min}) sebesar 0,021 meter (Tabel 3). Sedangkan periode gelombang signifikan (T_s) sebesar 4,77 detik periode gelombang maksimal (T_{maks}) sebesar 5,5 detik, dan periode gelombang minimal (T_{min}) 2,2 detik (Tabel 4).

Kemudian hasil pengukuran gelombang dari peramalan dari data angin selama 11 tahun yang didapatkan dari *OGIMET* (2008 – 2018) mencakup semua musim menghasilkan tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang signifikan. Pada musim barat tinggi gelombang maksimum sebesar 1,096 meter, tinggi gelombang minimum sebesar 0,015 meter, dan tinggi gelombang signifikan sebesar 0,706 meter. Untuk periode gelombang maksimum pada musim barat sebesar 5,633 s, periode gelombang minimum sebesar 0,141 meter, dan periode gelombang signifikan sebesar 4,443 s. Tinggi gelombang signifikan (H_s) yang terjadi pada musim barat lebih tinggi dibandingkan dari musim peralihan I, musim peralihan II, dan musim timur. Hal ini dikarenakan oleh arah angin dominan dari barat laut pada musim barat yang mempengaruhi *fetch* sehingga gelombang lebih tinggi di musim barat dibandingkan dengan musim lain.

Tinggi Muka Air Rencana

Berdasarkan besarnya peran pasang surut dan pentingnya perencanaan bangunan pantai, maka referensi muka air laut yang ditetapkan dalam penelitian tinggi muka air laut rencana. Hasil perhitungan nilai elevasi muka air laut setiap tahunnya berbeda – beda (Tabel 13), menunjukkan bahwa muka air laut Wilayah Pesisir Kecamatan Tugu mengalami perubahan setiap tahunnya. Membutuhkan panjang data pasang surut yang lebih panjang untuk data yang lebih valid. Nilai HHWL, MSL, dan LLWL selama 5 tahun berturut – turut dalam satuan centimeter adalah 163,081, 236,77, dan 197,14.

Gelombang berperan penting untuk penentuan tinggi muka air rencana, karena efek pendangkalan dasar laut (*shoaling*). Fenomena tersebut mengakibatkan fluktuasi muka air laut yang disebut sebagai *wave set-up* (CERC, 1984). Nilai *wave set-up* di Pesisir Kecamatan Tugu adalah 0,70 - 0,11 meter Nilai prediksi kenaikan muka air akibat pemanasan global adalah 0,14 meter.

Penjumlahan nilai HHWL, *wave set-up* dan kenaikan muka air laut akibat pemanasan global diperoleh tinggi muka air rencana yang dapat digunakan sebagai acuan desain muka air rencana di Pesisir Kecamatan Tugu yaitu sebesar 2,91 meter.

Elevasi Puncak Breakwater

Elevasi puncak *breakwater* ditentukan oleh tinggi muka air rencana (*Design Water Level*), tinggi *run-up* gelombang dan tinggi kebebasan sebesar 0,5 meter (Triatmodjo, 1999). Tinggi *run-up* gelombang dihitung menggunakan metode grafik *Irribaren* sehingga tinggi *run-up* gelombang yang didapat adalah 0,65 – 0,97 meter. Bangunan pantai ideal adalah bangunan pantai yang memiliki elevasi puncak lebih tinggi daripada nilai *run up* gelombang dan tinggi muka air rencana (CERC, 1984).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Wilayah Pesisir Kecamatan Tugu dapat disimpulkan :

1. Karakteristik pasang surut di Wilayah Pesisir Kecamatan Tugu adalah pasang surut tipe campuran condong ke tunggal.
2. Tinggi muka air rencana (*Design Water Level*) untuk *breakwater* di Wilayah Pesisir Kecamatan Tugu adalah 2,91 meter.
3. Elevasi puncak yang ideal untuk *breakwater* di Wilayah Pesisir Kecamatan Tugu adalah 4,38 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- CERC. 1984. Shore Protection Manual, Department of the ARMY, Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, Washington DC.
- Dasanto B. D, 2010. Penilaian Kenaikan Muka Air Laut di Wilayah Pantai : Studi Kasus Indramayu. Jurnal Hidrosfir Indoensia.
- Efendi, Muchtar, H. Rya Sunoko, dan W. Sulistya. 2012. Kajian Kerentanan Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim Berbasis Daerah aliran Sungai. Jurnal Ilmu Lingkungan. Volume 10 Issue 1: 8-18.
- Hartati, Retno, et al. 2016. Kajian Pengamanan dan Perlindungan Pantai Di Wilayah Pesisir Kecamatan Tugu dan Genuk, Kota Semarang. Jurnal Kelautan Tropis Vol. 19(2):95-100.
- Kramadibrata, Soedjono.2002.Perencanaan Pelabuhan. Bandung: PenerbitIT.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2010. Sektor Pesisir dan Laut : Kajian Risiko dan Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim Pulau Lombok Provinsi Nusa Tenggara. Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) bekerjasama dengan GTZ dan AusAid.
- Kurniawan, L. 2000. Analisis Harmonik Pasang Surut Pantai Teluk Prigi, Jawa Timur (Upaya Antisipasi terhadap Tsunami).Jurnal Alami. Volume 5 No 2 Tahun 2000. Jakarta.
- Miharja, D. K., S. Hadi, dan M. Ali, 1994. Pasang Surut Laut. Kursus Intensive Oseanografi bagi perwira TNI AL. Lembaga Pengabdian masyarakat dan jurusan Geofisika dan Meteorologi. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Pariwono, J.I. 1989. Gaya Penggerak Pasang Surut Dalam Pasang Surut. Ed. Ongkosongo, O.S.R. dan Suyarso. P3O-LIPI. Jakarta. Hlm. 13-23.
- Purwati, P., E. Kusmanto., dan Muhajirin. 2008. The Importance of Afternoon Low Tide for in situ Observation on Criptic Holothurians (Echinodermata): A case study at west Lombok. Jurnal Oseanologi LIPI, p. 11-16.
- Poerbondono dan Djunasjah, E. 2005. Survei Hidrografi. PT. Refika Aditama, Bandung.
- Surinati, Dewi. 2007. Pasang Surut dan Energinya. Oseana, Volume XXXII, Nomor 1 : 15-22.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2009. Perencanaan Pelabuhan, Beta Offset. Yogyakarta.
- Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Alfabeta. Bandung.
- Wirasatriya, A., Hartoko, A., dan Suripin. 2006. Kajian Kenaikan Muka Laut Sebagai Landasan Penanggulangan Rob Di Pesisir Kota Semarang (Study Of Sea Level Rise As A Base For Rob Problem Solving In Coastal Region Of Semarang City). Jurnal PasirLaut. Volume 1 No. 2.
- WMO. 1998. Guide to Wave Forecasting and Analysis. World Meteorological Organization. Switzerland.