

**PENJALARAN GELOMBANG DI LOKASI PEMBANGUNAN
PERMEABLE DAMS HYBRID ENGINEERING,
TIMBUL SLOKO, DEMAK**

Vera Chandra Puspitasari, Purwanto, Warsito Atmodjo*

Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan,

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang.50275 Telp/Fax (024) 7474698

ABSTRAK

Timbul Sloko, Demak merupakan salah satu wilayah erosi di Indonesia (Verschure, 2013^a) dan menjadi prioritas Pemerintah dalam upaya perlindungan kerentanan pantai. Berangkat dari permasalahan yang ada, direncanakan pembangunan *permeable dams Hybrid Engineering* guna memerangkap sedimen dengan menduplikasi sistem perakaran mangrove. Gelombang laut adalah rambatan masa air laut yang berfluktuasi naik turun terutama diakibatkan pembangkitan angin di laut dalam (Danial, 2008). Mengetahui penjalaran gelombang menuju pantai di lokasi rencana merupakan tujuan penelitian. Manfaat penelitian sebagai alat analisis perencanaan pembangunan. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 13 Mei 2013 hingga 27 Juni 2013. Data primer yakni data pengukuran gelombang menggunakan *wave gauge*, data batimetri di lokasi penelitian menggunakan *echosounder* dan tongkat ukur skala serta digitasi garis pantai. Data sekunder terdiri dari Peta *Google Earth* satelit *GeoEye* (2014), Peta Rupa Bumi Indonesia (2001) terbitan Bakosurtanal, data pasang surut Semarang selama 29 hari dan data angin perjam BMKG Bandara A. Yani Semarang selama 10 tahun (2001-2010). Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif. Pengolahan data yakni pasang surut metode *Admiralty*, pemetaan batimetri menggunakan ArcGIS 10, peramalan gelombang metode *Darbyshire* dan pemodelan gelombang menggunakan *software* SMS 11.1 modul BOUSS-2D. Lokasi perencanaan memiliki tipe gelombang laut dangkal dengan pembangkitan angin. Hasil pengukuran *wave gauge* di lokasi pembangunan pada tanggal 13 Mei 2013 – 19 Juni 2013 adalah tinggi gelombang signifikan (H_s) sebesar 0,047 m dan periode gelombang signifikan (T_s) sebesar 4,862 detik. Penjalaran gelombang yang terjadi pada tipe gelombang laut transisi menuju ke tipe gelombang laut dangkal mengalami deformasi gelombang yakni refraksi, pendangkalan (*shoaling*) yang mengakibatkan naiknya tinggi gelombang kemudian dilanjutkan menjadi gelombang pecah, difraksi yang merupakan pembelokkan gelombang akibat tertahan oleh gosong pasir pantai (*sand bar*), terjadi pemusatan pada tanjung dan penyebaran pada teluk. Hasil pemodelan tiap musim di lokasi pembangunan menunjukkan bahwa tinggi gelombang signifikan (H_s) sebesar 0,051 m - 0,056 m. Periode gelombang signifikan (T_s) sebesar 5,898 detik - 7,266 detik.

Kata kunci: *Penjalaran Gelombang, Tinggi Gelombang, Periode Gelombang, Permeable dams Hybrid Engineering, Timbul Sloko, Demak*

ABSTRACT

Timbul Sloko, Demak is severe erosion area in Indonesia (Verschure, 2013^a) and a priority coastal protection by Government. Departing from the existing problems, they planned permeable dams Hybrid Engineering construction to trap sediment by duplicating the mangrove root system. Ocean wave is up and down fluctuated seawater propagation due primarily generated by local wind generation in the deep sea (Danial, 2008). Knowing the wave propagation toward to the beach at the planned location is purpose of research. The benefits of the research is as an analytical tool planning. Research did on May 13, 2013 to June 27, 2013. Primary research data is wave measurement by wave gauge, bathymetry measurement using echosounder and bamboo scale and shoreline digitation. Secondary data consisted of Google Earth Map (2014) by GeoEye Satellite, Rupa Bumi Indonesia Map (2001) Bakosurtanal, Semarang tidal data for 29 days and hourly wind data BMKG A. Yani Airport Semarang for 10 years (2001-2010). The method used a quantitative method. Data processing are admiralty tidal method, bathymetric mapping using ArcGIS 10,

darbyshire wave forecasting and wave modeling using SMS 11.1 BOUSS - 2D. Location has shallow ocean wave type with wind generation. Measurement result by wave gauge on May 13, 2013 to June 19, 2013 significant wave height (H_s) is 0,047 m and significant wave period (T_s) is 4,842 s. Ocean wave propagation is derived from the transition sea type to a shallow sea type with deformation waves. Refraction and shoaling makes the wave height becomes higher because of depth and then continued to break. Diffraction making distorting of waves due hold by sand bar, convergen on the headland and then divergen on the bay. Modeling results every season at the construction planned location indicate that significant wave height is 0,051 m - 0,056 m. Significant wave period is 5,898 s - 7,266 s.

Keywords: *Wave Propagation, Wave Height, Wave Period, Permeable Dams Hybrid Engineering, Timbul Sloko, Demak*

I. PENDAHULUAN

Timbul Sloko yang berbatasan langsung dengan Laut Utara Jawa, terkena erosi \pm 700 m hingga 800 m dari tahun 2003 - 2012 (Verschure, 2013^a). Berdasarkan permasalahan tersebut, direncanakan pembangunan *permeable dams Hybrid Engineering* yaitu bangunan pantai guna memerangkap sedimen dengan menduplikasi sistem perakaran mangrove. Mengingat terbatasnya data gelombang secara *time series*, maka penelitian ini bertujuan mengetahui penjalaran gelombang menuju pantai di lokasi rencana pembangunan *permeable dams Hybrid Engineering*. Manfaat penelitian adalah sebagai alat analisis perencanaan pembangunan.

II. MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan pada tanggal 13 Mei 2013 hingga 27 Juni 2013 di lokasi rencana pembangunan *permeable dams Hybrid Engineering* Perairan Timbul Sloko, Sayung, Demak, Jawa Tengah. Koordinat lokasi tersebut adalah di $6^{\circ} 53' 30''$ LS - $6^{\circ} 54' 00''$ LS dan $110^{\circ} 30' 0''$ BT - $110^{\circ} 30' 30''$ BT. Penelitian menggunakan metode kuantitatif (Sugiyono, 2009) dengan pengumpulan data menggunakan metode observasi (pengamatan, pencatatan dan hasilnya dapat diuji kebenarannya), menganalisis permasalahan secara sistematis serta menginterpretasikan deskripsinya (Narbuko dan Achmadi, 2005).

Materi penelitian adalah pengambilan data gelombang menggunakan *wave gauge* sebagai verifikasi pemodelan gelombang, data batimetri menggunakan *echosounder garmin GPS Map 565* dan tongkat ukur skala yang selanjutnya diinterpretasikan menggunakan *software* ArcGIS 10, dan titik koordinat garis pantai. Data pendukung yaitu Peta *Google Earth* Satelit *GeoEye* (2014) dan Peta Rupa Bumi (RBI) 1:5.000.000 tahun 2001 Bakosurtanal sebagai peta dasar, data pasang surut Semarang 29 hari metode *Admiralty* (Ongkosongo dan Suyarso, 1989) dan data angin perjam BMKG Bandara A. Yani Semarang selama 10 tahun (2001-2010) untuk melakukan peramalan gelombang metode *Darbyshire*.

Gelombang menjaral dari Laut Jawa menuju Perairan Timbul Sloko. Tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang signifikan (T_s) Laut Jawa diketahui melalui peramalan gelombang metode *Darbyshire* menurut formula Sugianto (2013), selanjutnya didekati dengan pemodelan gelombang BOUSS-2D *Surface Water Modelling System* 11.1. Informasi H_s dan T_s di lokasi pengerjaan dapat diaplikasikan sebagai perencanaan pembangunan yakni tinggi *run-up* yang diukur dari MSL (*Mean Sea Level*) dan *Design Water Level* (DWL) yang merupakan penambahan dari *Mean High Water Level* (MHWL), *wave set up* dan kenaikan permukaan air laut (akibat *global warming* menurut Wirasatriya *et al.*(2006)). Berdasarkan nilai DWL, *run-up* dan tinggi jagaan maka dapat diperoleh nilai elevasi puncak bangunan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peramalan gelombang di Laut Jawa metode *Darbyshire* sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Peramalan Gelombang Metode *Darbyshire*

Musim	Hasil Peramalan	
	H_s (m)	T_s (dt)
Barat	0,8469	4,9075
Peralihan 1	0,8393	4,8998
Timur	0,7775	4,7994
Peralihan 2	0,6873	4,6301

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2014).

Tabel 2. Perhitungan Karakteristik Gelombang

Musim	d (m)	H_s (m)	T_s (dt)	d/L	L (m)	C(m/dt)	K_s	K_r	H (m)
Barat	3	0,8468	4,9075	0,123	24,377	4,967	0,955	0,892	0,7214
Peralihan 1	3	0,8393	4,8998	0,123	24,330	4,965	0,955	1	0,8012
Timur	3	0,7775	4,7994	0,126	23,867	4,950	0,946	1	0,7358
Peralihan 2	3	0,687	4,6301	0,132	22,738	4,911	0,943	1	0,6278

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2014).

Tabel 3. Perhitungan Gelombang Pecah

Musim	H'_0 (m)	H'_0/gT^2	H_b/H'_0	H_b (m)	H_b/gT^2	d_b/H_b	d_b (m)
Barat	0,7554	0,0032	1,3	0,9820	0,0041	1,080	1,060
Peralihan 1	0,8393	0,0036	1,275	1,070	0,0049	1,150	1,230
Timur	0,7774	0,0034	1,3	1,011	0,0048	1,125	1,137
Peralihan 2	0,6873	0,0033	1,35	0,9107	0,0046	1,100	1,002

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2014)

Laut Jawa memiliki tipe gelombang perairan transisi dengan kedalaman relatif (d/L) 0,123-0,132 (Tabel 2). Lokasi rencana pembangunan *permeable dams Hybrid Engineering* memiliki tipe gelombang laut dangkal yang ditunjukkan dengan kedalaman relatif gelombang (d/L) yakni sebesar 0,045. Di Laut Jawa, tinggi gelombang signifikan (H_s) mencapai 0,6873 m hingga 0,8469 m dan periode gelombang signifikan (T_s) mencapai 4,6301 detik hingga 4,9075 detik (Tabel 1). H_s dan T_s musim barat memiliki nilai yang lebih besar karena kecepatan angin yang bertiup di Musim Barat lebih kuat jika dibandingkan dengan musim yang lain (Bayong, 2004).

Pasang surut stasiun Perairan Semarang pada *latitude* -6,9479 dan *longitude* 110,42012 digunakan sebagai elevasi nol pemodelan dan koreksi pasut pada batimetri (Tabel 5). Nilai Formzahl sebesar 1,914 menunjukkan tipe pasang surut campuran condong harian tunggal. Variasi kedalaman dasar laut yang ditunjukkan pada hasil pemetaan batimetri (Gambar 1) yakni antara -3,567 m hingga 0,048. Kedalaman perairan mampu mempengaruhi perubahan bentuk gelombang menuju pantai (Triatmodjo, 1999), oleh karena itu dasar Perairan Timbul Sloko terkini tahun 2013 diinterpretasikan pada peta kontur kedalaman sebagai data pendukung simulasi gelombang (Gambar 1).

Penjalaran gelombang dari laut transisi menuju laut dangkal (Gambar 2) mengalami pendangkalan gelombang atau *shoaling* yang ditandai dengan naiknya tinggi gelombang (ditunjukkan dengan warna biru muda) dan terjadi perubahan arah gelombang (refraksi). *Shoaling* dengan koefisien antara 0,943 hingga 0,955 dan refraksi dengan koefisien berkisar mulai 0,892 hingga 1, menimbulkan puncak gelombang semakin tajam adapun lembah gelombang semakin datar sehingga tinggi gelombang yang diakibatkan mencapai 0,6278 m hingga 0,8012 m. Gelombang semakin tinggi dan mengalami kemiringan yang lebih tajam dari batas maksimum. Kecepatan partikel puncak gelombang lebih besar daripada kecepatan rambat gelombang. Ketidakstabilan gelombang menyebabkan pecah (*breaking wave*) pada kedalaman 1,002 m hingga 1,230 m dan pada ketinggian 0,9107 m hingga 1,070 m (Tabel 3). Menurut Yuwono dan Kodoatie (2004), tinggi gelombang pecah dapat dikaitkan dengan kedalaman perairan (d_s), kelandaian pantai (m) dan adanya gosong pasir pantai (Danial, 2008). Gosong pasir pantai di Timbul Sloko mengakibatkan pembelokkan gelombang. Gelombang yang tidak tertahan akan terus merambat, membelok di tepi gosong pasir pantai dan masuk ke daerah terlindung di belakangnya. Fenomena tersebut disebut dengan difraksi. Tinggi gelombang signifikan (H_s) setelah mengalami difraksi adalah 0,188 m - 0,250 m dan periode gelombang signifikan (T_s) setelah mengalami difraksi memiliki nilai sebesar 5,562

detik - 6,213 detik dilanjutkan dengan adanya pemusatan dan penyebaran gelombang yang menghasilkan informasi berikut:

Tabel 4. Gelombang Signifikan Hasil Pemodelan di Lokasi *Wave Gauge*

Musim	H_s (m)	T_s (dt)
Barat	0,051	7,266
Peralihan 1	0,051	6,890
Timur	0,054	6,246
Peralihan 2	0,056	5,898

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2014).

Data elevasi pasang surut bulan Juni 2013 tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengolahan Pasang Surut Metode *Admiralty*

No.	Pasang Surut	Nilai (cm)
1.	Z_0	62,057
2.	HHWL (<i>Highest High Water Level</i>)	140,048
3.	MHWL (<i>Mean High Water Level</i>)	90,542
4.	HWL (<i>High Water Level</i>)	134,900
5.	MSL (<i>Mean Sea Level</i>)	80,642
6.	LWL (<i>Low Water Level</i>)	21,300
7.	LLWL (<i>Lowest Low Water Level</i>)	21,238

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2014).

Hasil pengukuran gelombang di Perairan Timbul Sloko disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Tinggi Gelombang (H) dan Periode Gelombang (T) Hasil Pengukuran

Tanggal	H_{max} (m)	H_s (m)	H_{min} (m)	H rerata (m)	T_{max} (dt)	T_s (dt)	T_{min} (dt)	T rerata (dt)
13 Mei 2013 - 19 Juni 2013	0,145	0,047	0,000104	0,022	7,930	4,842	1,224	3,819

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2014).

Tinggi gelombang yang terbentuk relatif kecil dengan periode gelombang relatif singkat karena penelitian dilakukan pada pergantian musim peralihan 1 dan musim timur. Dipengaruhi pula oleh penempatan *wave gauge* pada kedalaman 0,456 m dimana gelombang telah mengalami penjalaran menuju pantai. Pertimbangan letak pemasangan alat adalah untuk mengetahui tinggi gelombang tepat di lokasi rencana pembangunan *permeable dams Hybrid Engineering*.

Periode gelombang pengukuran yakni 1,224 detik hingga 7,93 detik, sehingga tipe gelombang dapat diklasifikasikan sebagai gelombang yang dibangkitkan oleh angin karena memiliki periode gelombang antara 1 detik hingga 10 detik (Munk, 1951 dalam Sugianto, 2010) dengan gaya geser dan tekanan angin di atas muka laut. Gelombang di lokasi pengukuran memiliki tipe *swell* karena terjadi di luar daerah pembangkitan gelombang pada periode 0 hingga 30 detik dan merupakan gelombang gravitasi (Ningsih, 2002) karena nilai periode antara 1 detik hingga 30 detik. Ciri-ciri gelombang gravitasi yakni gelombang bebas, berbentuk regular dan dibangkitkan angin berjarak jauh. Gelombang *swell* dan sudah mengalami dispersi atau penyebaran energi mempunyai periode tunggal dan disebut gelombang regular (Danial, 2008). Jika ditinjau dari periode gelombang yang tidak seragam, maka dapat disimpulkan bahwa gelombang yang terbentuk di lokasi penelitian bukan merupakan gelombang regular, namun gelombang laut yang mempunyai bentuk yang sangat kompleks, bersifat acak dan tidak teratur (*irreguler wave*).

Hasil pemodelan yang sesuai dengan kondisi lapangan dibuktikan dengan melakukan verifikasi antara hasil pemodelan dengan hasil pengukuran gelombang (Tabel 7). Nilai MRE yang diperoleh kurang dari 50% sehingga verifikasi pemodelan dapat diterima (Purwanto, 2011). Musim timur dan peralihan 2 memiliki nilai H_s yang lebih besar jika dibandingkan dengan nilai H_s musim barat dan musim peralihan 1, dikarenakan topografi pantai yang berbentuk teluk menyebabkan terganggunya angin dominan oleh daratan. Angin yang berasal dari daratan diasumsikan menghasilkan nilai yang kecil sehingga angin darat sering diabaikan. Kondisi topografi perairan yang berbeda memberikan hasil yang berbeda pula.

Tabel 7. Verifikasi Pemodelan Gelombang Signifikan dan Pengukuran Gelombang Signifikan Perairan Timbul Sloko di Lokasi Perekaman *Wave Gauge*

Musim	Pemodelan		Gelombang Timbul Sloko		RE		MRE	
	H_s (m)	T_s (dt)	H_s (m)	T_s (dt)	H_s (%)	T_s (%)	H_s (%)	T_s (%)
Peralihan 1	0,051	6,890	0,047	4,842	7,7	42,2	11,47	35,65
Timur	0,054	6,246			15,2	29,0		

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2014).

Kompleksnya penjalaran gelombang di lokasi penelitian mendapat pengaruh dari gosong pasir pantai, kedalaman perairan dan substrat dasar perairan yaitu lempung lanauan pasiran (Subardjo, 2004) yang memiliki permeabilitas rendah. Beberapa mangrove yang tumbuh di area lokasi pembangunan juga berperan aktif dalam *disipasi* gelombang. Keterbatasan pengkondisian lapangan pada model yakni keberagaman butir sedimen.

Peran pasang surut dalam penjalaran gelombang adalah fluktuasi muka air laut yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi terjadi secara bersamaan dengan gelombang berperiode kecil yakni 1-8 detik di lokasi penelitian, sehingga menjadikan muka air relatif konstan. Fluktuasi muka air terjadi secara periodik dan membentuk gelombang sinusoidal yang menjalar ke arah x positif.

Penjalaran gelombang dari Laut Jawa (tipe gelombang laut transisi) menuju ke Perairan Timbul Sloko (tipe gelombang laut dangkal) yakni pendangkalan gelombang (*shoaling*), refraksi, gelombang pecah, difraksi dan penyebaran gelombang maupun pemusatan gelombang. Dengan adanya simulasi penjalaran gelombang, maka dapat diperoleh informasi tinggi gelombang tiap musim di lokasi rencana pembangunan *permeable dams Hybrid Engineering*.

Aplikasi untuk perencanaan adalah *run-up* gelombang sebesar 0,0032 m dari muka air rerata (MSL). *Run-up* gelombang merupakan elevasi maksimum yang dicapai oleh gerakan air yang meluncur ke atas lereng bangunan dari muka air rerata (MSL) (Christina dan Putuhena, 2009 dalam Ariani, 2012). Nilai *run-up* yang terjadi terhitung kecil karena *permeable dams Hybrid Engineering* merupakan tipe bangunan *permeable* yang memungkinkan dapat ditembus air. Penambahan dari nilai *Mean High Water Level* (MHWL) sebesar 0,905 m, *wave set-up* (Sw) sebesar 0,147 m dan *SLR* (fluktuasi muka air laut akibat pemanasan global (Wirasatriya *et al.*, 2006)) sebesar 0,00256 m, menghasilkan muka air laut rencana (DWL) yaitu 1,055 m. Nilai elevasi puncak bangunan untuk *permeable dams Hybrid Engineering* yaitu 1,558 m, tersaji pada Tabel 8.

Tabel 8. Perencanaan *Permeable Dams Hybrid Engineering*

MHWL (m)	Sw (m)	SLR (m)	DWL (m)	Elevasi Puncak (m)
0,905	0,147	0,00265	1,055	1,558

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2014).

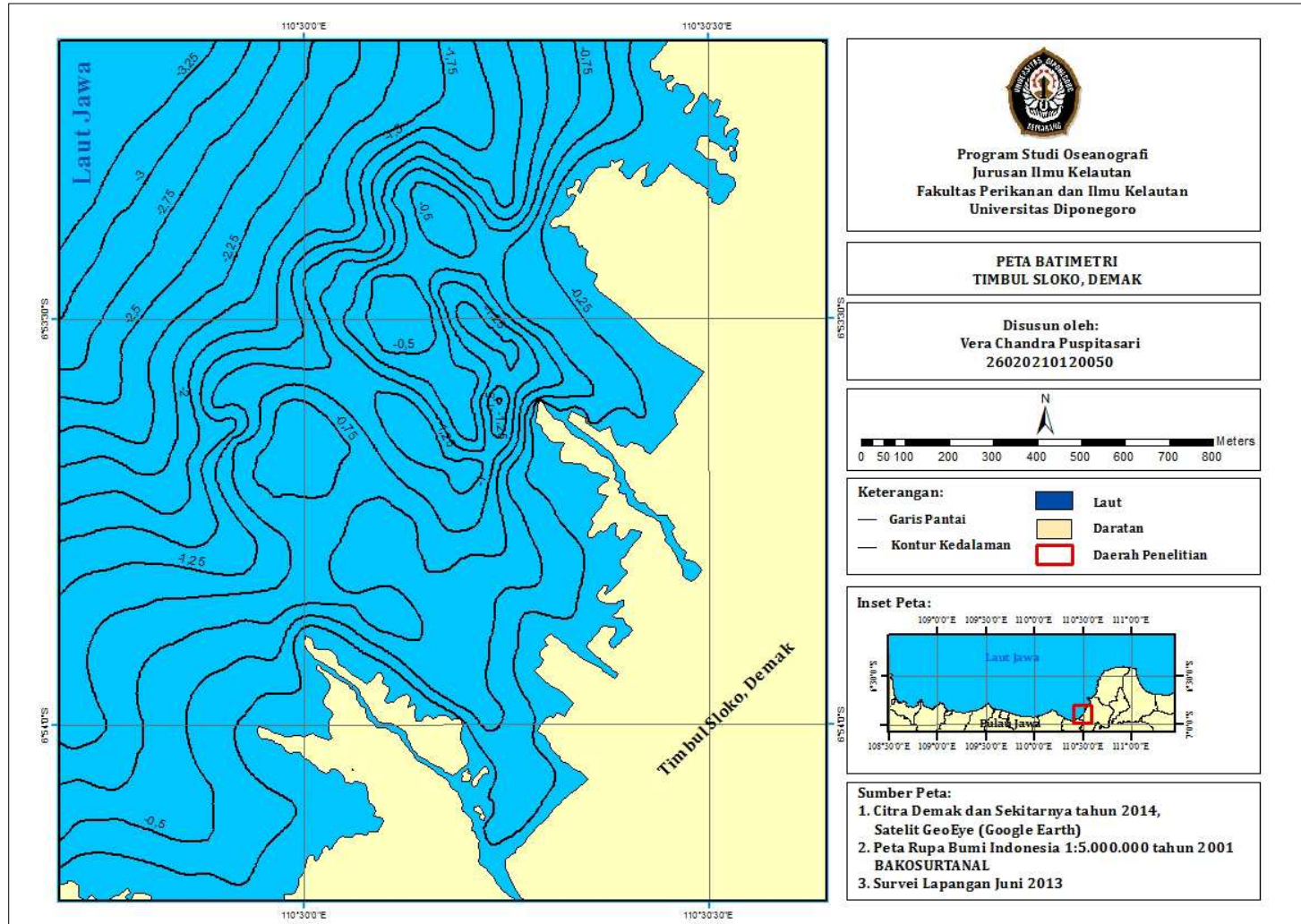
VI. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian adalah gelombang di Laut Jawa (tipe gelombang laut transisi) memiliki tinggi gelombang signifikan (H_s) sebesar 0,6873 m hingga 0,8469 m dan periode gelombang signifikan (T_s) sebesar 4,6301 detik hingga 4,9075 detik. Gelombang menjalar menuju lokasi rencana pembangunan *permeable dams Hybrid Engineering* (tipe gelombang laut dangkal), melalui proses refraksi dengan koefisien sebesar 0,892 hingga 1, pendangkalan gelombang dengan koefisien sebesar 0,943 hingga 0,955 dan dilanjutkan dengan gelombang pecah pada kedalaman perairan 1,002 m hingga 1,230 m dengan ketinggian gelombang sebesar 0,9107 m hingga 1,070 m. Gosong pasir pantai (*sand bar*) mengakibatkan difraksi sehingga $H_s = 0,1888$ m - 0,250 m dan $T_s = 5,562$ detik - 6,213 detik, selanjutnya terjadi penyebaran gelombang (*divergen*) pada teluk dan pemusatan gelombang (*convergen*) pada tanjung, sehingga mengakibatkan $H_s = 0,051$ m - 0,056 m dan $T_s = 5,898$ detik - 7,266 detik. *Mean Relative Error* (MRE) yang diperoleh dari hasil verifikasi menunjukkan prosentase sebesar 11,47% untuk tinggi gelombang signifikan (H_s) dan 35,65% untuk periode gelombang signifikan

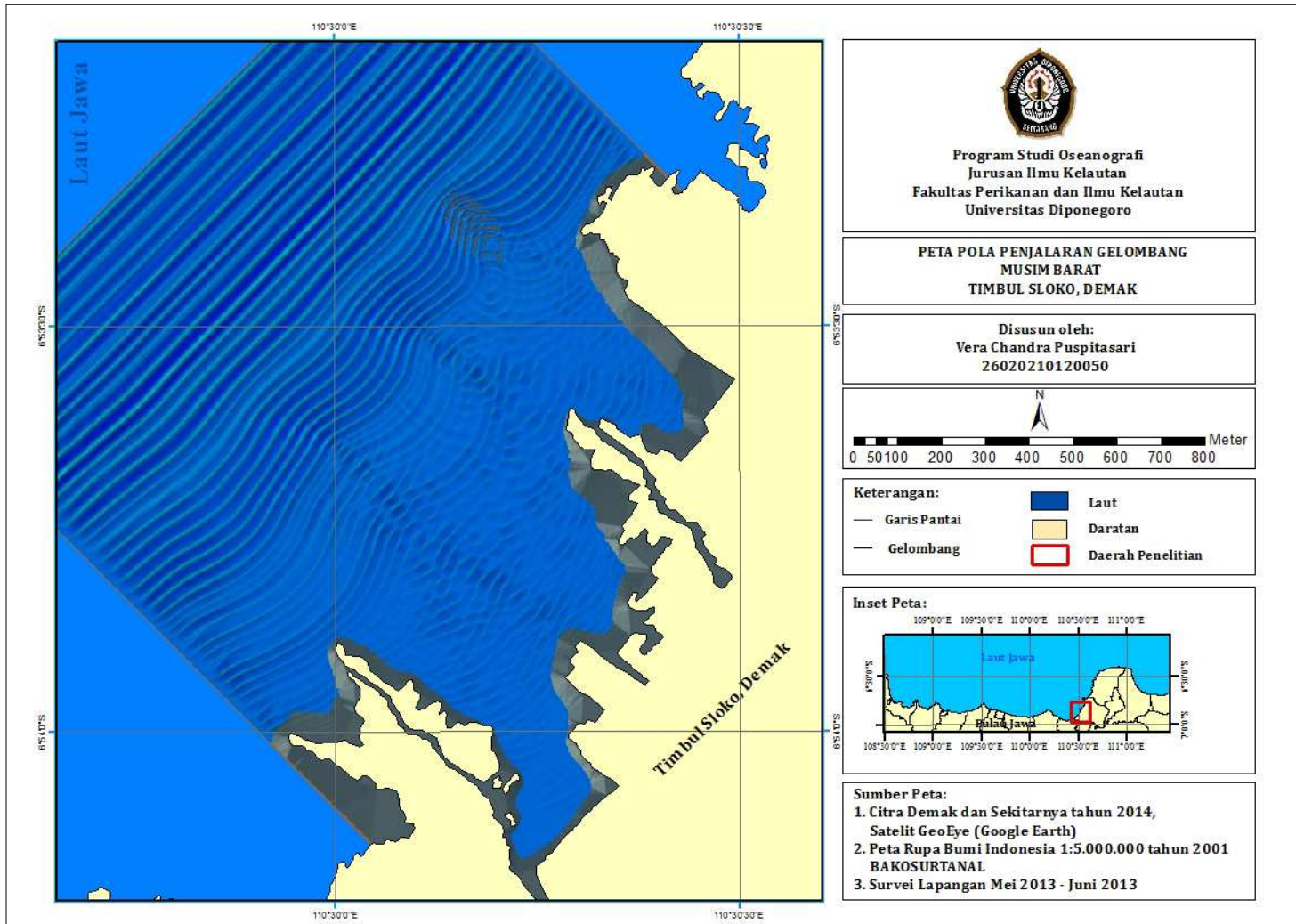
(T_s). Muka air laut rencana (DWL) *permeable dams Hybrid Engineering* adalah 1,055 m dan elevasi puncak bangunan mencapai 1,558 m dengan nilai *run-up* sebesar 0,0032 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, F.W. 2012. *Run-up* Gelombang pada *Offshore Breakwater* di Pantai Slamaran Pekalongan. [Skripsi]. Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro, Semarang, 149 hlm (tidak dipublikasikan).
- Bayong, T.H.K., 2004. *Klimatologi*. ITB. Bandung. Ed.2. 348 hlm.
- Danial, M.M. 2008. *Rekayasa Pantai*. Alfabeta, Bandung, 320 hlm.
- Narbuko, C. dan A. Achmadi. 2005. *Metodologi Penelitian*. Bumi Aksara, Jakarta, hlm. 44.
- Ningsih, N.S. 2002. *Diktat Kuliah Oseanografi*. ITB. Bandung.
- Ongkosongo, O.S.R. dan Suyarso. 1989. *Pasang-Surut*. LIPI, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Jakarta, 257 hlm.
- Purwanto. 2011. Analisa Spektrum Gelombang Berarah di Pantai Kuta, Kabupaten Badung Bali. *Jour. Buletin Oseanografi Marina*, Vol. 1: 45 - 59.
- Subardjo, P. 2004. Studi Morfologi Guna Pemetaan Rob di Pesisir Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. *Jour. Ilmu Kelautan*, Vol. 9 (3): 153 - 159.
- Sugianto, D.N. 2010. Model Distribusi Data Kecepatan Angin dan Pemanfaatannya dalam Peramalan Gelombang di Perairan Laut Pacitan Jawa Timur. *Jour. Ilmu Kelautan*, Vol. 15 (3): 143-152.
- Sugianto, D.N. 2013. Model Distribusi Kecepatan Angin dan Pemanfaatannya dalam Peramalan Gelombang di Laut Jawa. [Disertasi]. Program Doktor Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang, 193 hlm (tidak dipublikasikan).
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta, Bandung, 334 hlm.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta, 397 hlm.
- Verschure, S. 2013^a. Bekerjasama dengan Alam untuk Mengatasi Erosi Pantai Berlumpur Timbul Sloko, Sayung, Demak, Central Java, Indonesia. [Research Report]. Wetlands International Mangrove Capital Project, Hybrid Engineering, Demak, 34 hlm.
- Wirasatriya, A., A. Hartoko dan Suripin. 2006. Kajian Kenaikan Muka Laut sebagai Landasan Penanggulangan Rob di Pesisir Kota Semarang. *Jour. Pasir Laut*, Vol. 1 No.2 : 31 - 42.
- Yuwono, N. dan R.J. Kodoatie. 2004. Kumpulan Buku Pedoman Pengembangan Reklamasi Pantai dan Perencanaan Bangunan Pengamannya. Direktorat Bina Teknik, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (Departemen Pekerjaan Umum), 347 hlm.



Gambar 1. Peta Kontur Kedalaman Timbul Sloko, Demak (Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2014).



Gambar 2. Peta Pola Penjalaran Gelombang Musim Barat di Timbul Sloko, Demak (Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2014)

