

# Analisa Perhitungan Analitik dan Data Eksperimen Parameter Gelombang pada Wave Flume dengan Wavemaker Tipe Piston

Alfi Satriadi\*, Sugeng Widada dan Harmon Prayogi

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH. Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275  
Email: satriad\_as@yahoo.co.id

## Abstract

Ocean waves is one of the ocean phenomenon and It is occurred by the external forces. There are some approaches to study this phenomenon which are analytical, numerical, and physical modelling. This research aims to compare between analytical and experimental data. The methods were used in the research divided into three steps. First step was calculating theoretical equation of the relationship between dimensionless number of relative depth ( $kh$ ) and stroke and wave height ratio ( $H/S$ ). Secondly, the wave parameters including wave height ( $H$ ), water depth ( $d$ ), and wave length ( $L$ ) were measured in a wave flume. Finally, the value of percentage model bias ( $PB$ ) was calculated. It showed at 15,513% and 8,5% for 50 rpm and 80 rpm, respectively. In conclusion based on  $PB$ , experimental data had positive correlation to analytical equation.

**Keywords:** Waves, piston type wavemaker, percentage model bias ( $PB$ )

## Abstrak

Gelombang merupakan salah satu fenomena yang ada di laut. Dalam mempelajari fenomena ini dilakukan berbagai pendekatan diantaranya pendekatan analitik, pemodelan numerik, dan pemodelan fisik. Penelitian ini hanya mengkaji hasil perhitungan analitik dan data eksperimen menggunakan wavemaker tipe piston berdasarkan nilai *percentage model bias* ( $PB$ ). Metode yang dilakukan merupakan metode kuantitatif yang dibagi menjadi tiga tahap. Tahap pertama melakukan perhitungan berdasarkan persamaan analitis hubungan antara bilangan tak berdimensi kedalaman relatif ( $kh$ ) dan rasio antara tinggi gelombang dan panjang *stroke* ( $H/S$ ). Tahap kedua adalah melakukan pengukuran parameter gelombang yaitu tinggi gelombang ( $H$ ), kedalaman ( $d$ ), dan panjang gelombang ( $L$ ). Tahap yang terakhir adalah mencari nilai  $PB$  berdasarkan perhitungan analitik dan data eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan nilai  $PB$  untuk kecepatan putar wavemaker 50 rpm dan 80 rpm adalah masing-masing sebesar 15,513% dan 8,5%. Berdasarkan nilai  $PB$  tersebut dapat dikatakan bahwa data eksperimen mendekati perhitungan analitik.

**Kata Kunci:** Gelombang, wavemaker tipe piston, *percentage model bias* ( $PB$ )

## PENDAHULUAN

Gelombang merupakan fenomena berupa gangguan yang terjadi pada suatu medium. Fenomena ini telah banyak dikaji dengan berbagai pendekatan, baik secara analitik, numerik, dan eksperimen di laboratorium (pemodelan fisik). Dari hasil kajian berdasarkan pendekatan tersebut dihasilkan teori-teori gelombang, diantaranya teori gelombang Airy, teori

gelombang Stokes, teori gelombang tunggal dan lain sebagainya (Hughes, 1993).

Kajian gelombang secara eksperimen di laboratorium telah banyak dilakukan. Bièsel dan Suquet (1954) dan Flick dan Guza (1980) mengkaji mengenai teori dan desain pembangkitan gelombang (*wavemaker*) di laboratorium. Khalilabadi dan Bidokhti (2012) mengkaji mengenai

bagaimana merancang dan membuat wave flume yang optimal dengan biaya yang terjangkau. Iglesias *et al.* (2009) mengkaji tentang teknik pengukuran gelombang pada wave flume. Maguire (2011) mengkaji mengenai teknik peredaman gelombang pada ujung wave flume supaya gelombang yang memantul dapat diminimalisir sehingga dalam pengukuran gelombang tidak terdapat interferensi gelombang yang tidak diinginkan.

Pendekatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah pendekatan analitik dan eksperimen di laboratorium dengan menggunakan teori gelombang Airy. Pendekatan analitik dilakukan dengan perhitungan-perhitungan persamaan matematika, sedangkan pendekatan eksperimen dilakukan dengan mengukur parameter-parameter gelombang. Wave flume dan wavemaker yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan rancang bangun yang telah dilakukan Prayogi, *et al.* (2016). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan data eksperimen di laboratorium terhadap teori pembangkitan gelombang menggunakan wavemaker tipe piston.

## MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama adalah melakukan perhitungan parameter gelombang secara analitik dengan menggunakan persamaan linear wavemaker tipe piston (persamaan 1) (Dean dan Darlymple, 1984). Dari perhitungan ini didapat perbandingan antara bilangan tak berdimensi, rasio tinggi gelombang terhadap panjang stroke ( $H/S$ ) dan kedalaman relatif ( $kh$ ). Tahap kedua dilakukan dengan pengukuran parameter gelombang pada wave flume, diantaranya kedalaman ( $h$ ), tinggi gelombang ( $H$ ), dan panjang gelombang ( $L$ ). Semua parameter gelombang tersebut dalam satuan centimeter (cm).

$$\frac{H}{S} = \frac{2 \cosh(2kh) - 1}{\sinh(2kh) + 2kh} \quad (1)$$

Terdapat beberapa perlakuan yang dilakukan pada tahap ini. Panjang stroke ( $S$ ) yang digunakan adalah 1,5 cm, 2,5 cm, 3 cm, dan 4,5 cm dengan masing-masing pada kedalaman 3 cm, 5 cm, dan 7 cm. Kecepatan putar dinamo wavemaker dilakukan variasi pada kecepatan 50 rpm dan 80 rpm.

Tahap terakhir pada penelitian ini adalah membandingkan nilai  $H/S$  dan  $kh$  yang diperoleh dari perhitungan analitik dan data eksperimen berdasarkan nilai *percentage model bias* (PB) yang diperoleh dari persamaan (2) (Huang *et al.*, 2013).

$$PB = \frac{\sum(D - M)}{\sum D} \cdot 100\% \quad (2)$$

Dalam hal ini  $D$  = hasil perhitungan analitik,  $M$  = hasil eksperimen,  $PB < 10\%$  = *excellent*,  $10\% \leq PB \leq 20\%$  = sangat baik,  $20\% \leq PB \leq 40\%$  = baik, dan  $PB > 40\%$  = buruk.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran parameter gelombang ( $h$ ,  $H$ , dan  $L$ ) di laboratorium. Berdasarkan tabel tersebut, terlihat bahwa nilai tinggi dan panjang gelombang semakin besar dengan bertambahnya kedalaman dan tidak tergantung panjang stroke. Berbeda halnya dengan tabel 1, pada tabel 2 menunjukkan nilai tinggi dan panjang gelombang semakin besar pada kedalaman yang sama dengan panjang stoke yang semakin besar. Nilai panjang gelombang pada tabel 2 menunjukkan nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan tabel 1. Hal ini terjadi karena perbedaan kecepatan putar wavemaker sebesar 30 rpm. Kecepatan putar wavemaker secara tidak langsung memiliki hubungan dengan panjang gelombang yang dihasilkan. Menurut Hughes (1993) semakin besar nilai kecepatan putar wavemaker maka semakin kecil nilai panjang gelombang.

Gambar 1 menunjukkan grafik hubungan antara nilai  $kh$  dan  $H/S$  yang diperoleh dari hasil perhitungan analitik

**Tabel 1.** Panjang *stroke* dan parameter gelombang pada kecepatan 50 rpm

S	h	H	L
1,5	3	0,2	103,2
2,5	3	0,3	104,2
3	3	0,5	108,6
4,5	3	0,8	111,3
1,5	5	0,3	121,8
2,5	5	0,7	122,3
3	5	0,8	124
4,5	5	1,4	130
1,5	7	0,4	140,5
2,5	7	0,6	141,5
3	7	1	142,6
4,5	7	1,5	143,4

**Tabel 2.** Panjang *stroke* dan parameter gelombang pada kecepatan 80 rpm

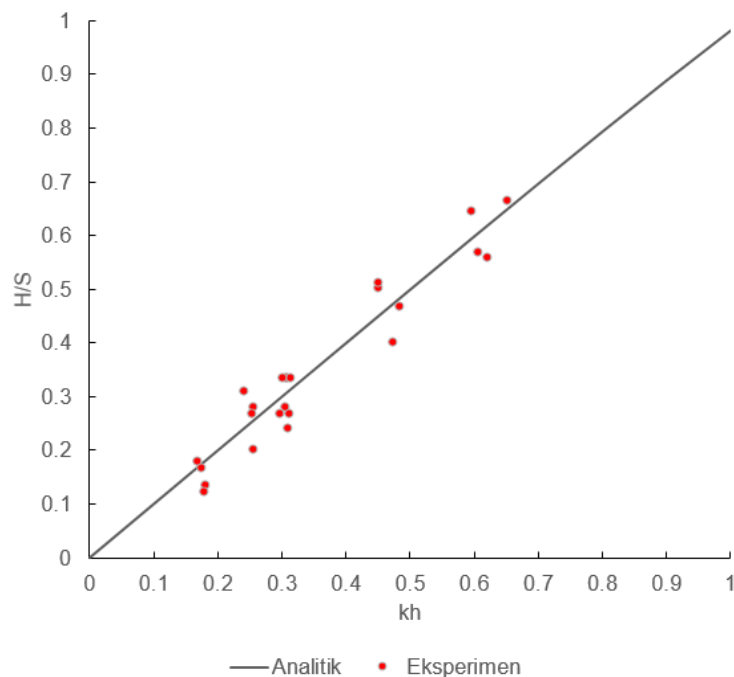
S	h	H	L
1,5	3	0,5	59,8
2,5	3	0,7	61,5
3	3	1	62,3
4,5	3	1,2	63,2
1,5	5	0,7	65
2,5	5	1	66,2
3	5	1,5	69,5
4,5	5	2,3	69,8
1,5	7	1	67,3
2,5	7	1,4	70,7

**Tabel 3.** *Percentage model bias* (PB) data eksperimen dan perhitungan analitik pada kecepatan 50 rpm

Eksperimen		Analitik		PB (%)
kh	H/S	kh	H/S	
0,183	0,133	0,183	0,183	1,667
0,181	0,12	0,181	0,181	2,057
0,173	0,167	0,173	0,173	0,231
0,169	0,178	0,169	0,169	0,288
0,258	0,2	0,258	0,258	1,956
0,257	0,28	0,257	0,257	0,788
0,253	0,267	0,253	0,253	0,456
0,242	0,311	0,242	0,242	2,357
0,313	0,267	0,313	0,313	1,563
0,311	0,24	0,311	0,311	2,391
0,308	0,333	0,308	0,308	0,851
0,307	0,333	0,307	0,306	0,909
Total				15,513

**Tabel 4.** Percentage model bias (PB) data eksperimen dan perhitungan analitik pada kecepatan 80 rpm

Eksperimen		Analitik		PB (%)
kh	H/S	kh	H/S	
0,315	0,333	0,315	0,315	0,331
0,306	0,28	0,306	0,306	0,473
0,302	0,333	0,302	0,302	0,558
0,298	0,267	0,298	0,298	0,565
0,483	0,467	0,483	0,483	0,286
0,474	0,4	0,474	0,474	1,330
0,452	0,500	0,452	0,451	0,876
0,450	0,511	0,450	0,449	1,111
0,653	0,667	0,653	0,651	0,286
0,622	0,56	0,622	0,620	1,078
0,608	0,567	0,608	0,606	0,714
0,596	0,644	0,596	0,595	0,892
Total				8,500



**Gambar 1.** Grafik bilangan tak berdimensi (kh dan H/S) Analitik dan Eksperimen

dan data eksperimen. Secara visual perhitungan analitik menunjukkan grafik yang linier, akan tetapi berdasarkan persamaan (1) bahwa persamaan tersebut seharusnya berupa persamaan trigonometri hiperbolik. Hal ini terjadi

karena nilai kh yang kecil. Gambar 1 terkait dengan hasil eksperimen juga menunjukkan kenderungan linier karena hasil data eksperimen yang tidak terlalu besar yaitu kurang dari 0,7 untuk masing-masing nilai kh dan H/S.

Perbandingan antara perhitungan analitik dan eksperimen akan terlihat pada perbandingan nilai PB (Tabel 3 dan Tabel 4). Tabel 3 menunjukkan nilai PB antara perhitungan analitik dan data eksperimen pada kecepatan putar dinamo *wavemaker* 50 rpm dengan nilai PB terbesar 2,391% dan nilai PB terkecil 0,231%. Tabel 4 menunjukkan nilai PB antara perhitungan analitik dan data eksperimen pada kecepatan putar dinamo *wavemaker* 80 rpm dengan nilai PB terbesar 1,33% dan nilai PB terkecil 0,286%. Pada kecepatan putar dinamo *wavemaker* 50 rpm dan 80 rpm menunjukkan nilai total PB masing-masing adalah 15,513% dan 8,5%. Berdasarkan nilai PB, menurut Huang *et al.* (2013) data eksperimen menunjukkan dalam kategori sangat baik untuk kecepatan *wavemaker* 50 rpm dan *excellent* untuk kecepatan *wavemaker* 80 rpm.

## KESIMPULAN

Perbandingan data eksperimen dan perhitungan analitik berdasarkan nilai PB menunjukkan bahwa data eksperimen mendekati perhitungan analitik. Data hasil eksperimen menunjukkan hasil yang sangat baik pada kecepatan *wavemaker* 80 rpm.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bièsel, F., dan Suquet, F. 1954. Laboratory Wave Genenerating Apparatus (Translation of French Articles from La Houille Blanche). Anthony Falls Hydraulic Laboratory, University of Minnesota.
- Dean, R.G. dan R.A. Dalrymple. 1984. Water Wave Mechanics for Engineers and Scientist. World Scientific Publishing. Singapore.
- Flick, R.E., dan Guza, R.T. 1980. Paddle Generated Waves in Laboratory Channels. Journal of the Waterway, Port, Coastal and Ocean Division, ASCE., 106(WW1):79-97.
- Huang, J. C., Pan, C., C. Kuang, J. Zeng. 2013. Experimental Hydrodynamic Study of the Qiantang River Tidal Bore. *J. Hydrodynamic*, 25(3):481-490.
- Hughes, S.A. 1993. Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering. World Scientific Publishing. Singapore.
- Iglesias, G., O. Ibanez, A. Castro, J.R. Rabunal, J. Dorado. 2009. Computer Vision Applied to Wave Flume Measurements. *Ocean Engineering*, 36:1073-1079.
- Khalilabadi, M.R. dan A.A. Bidokhti. 2012. Design and Construction of an Optimum Wave Flume. *J App. Fluid Mechan.* 5(3):99-103.
- Maguire, A.E., and D.M. Ingram. 2011. On geometric design considerations and control methodologies for absorbing wavemakers. *Coastal Engineering* 58(2):135-142.
- Prayogi, H., A. Rifai, K. Kunarso. 2016. Rancang Bangun Wave Flume Sederhana Menggunakan Wave-maker Tipe Piston. *J Oceanograp.* 5(3):368-377.