

ANALISIS GELOMBANG TERHADAP STRUKTUR BANGUNAN *BREAKWATER* TEGAK PANTAI TAPAK PADERI BENGKULU

¹⁾Besperi, ²⁾Agustin Gunawan, dan ³⁾Mawardi

¹⁾²⁾Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNIB, Jl.WR. Supratman,
Kandang Limun Bengkulu 38371, Telp. (0736) 344087,
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bengkulu, Jl. Kandang Limun

Abstract

This research is aimed to find out characteristic of waves and significant wave happened in breakwater building as the reference in analyzing the dimension of standing breakwater type. The researcher used wind data analysis and visual measurement of wave. Based on the analysis, the researcher found that the waves were fully developed seas condition. This condition was caused by fetch value which was long enough, so the height of wave reached maximum value. The lengths of fetch was 200 km and the significant height of wave (H_s) was 2,85 meters and the significant wave period (T_s) was 8,48 seconds. The stress force (p) was 46,274 tons and the moment (M_p) was 185,094 tonmeters. The lift force (U) was 11,674 ton and the moment (M_u) was 31,131 tonmeter.

Keywords: Wave, Standing Breakwater Type, Tapak Paderi

PENDAHULUAN

Indonesia yang merupakan negara kepulauan memiliki panjang garis pantai lebih dari 81,000 km. Daerah pantai di Indonesia telah mengalami perubahan yang pesat, sehingga program pengelolaan daerah pantai merupakan suatu kegiatan yang harus mendapat perhatian yang serius (Yuwono, 1992). Daerah pantai merupakan daerah yang selalu berubah. Perubahan karakteristik daerah pantai terjadi akibat pengaruh kombinasi beberapa gaya yang bekerja antara lain meliputi gaya gelombang dan angin. pantai sebagai daerah yang bergerak, karena setiap perubahan pada gaya-gaya tersebut selalu diikuti oleh perubahan di pantai. Kerusakan pantai terjadi akibat dari proses dan perubahan-perubahan gaya yang terjadi (Horikawa, 1987 dalam Nizam, 1994).

Gelombang merupakan faktor utama didalam penentuan tata letak pelabuhan, alur pelayaran dan bangunan pantai. Perencanaan bangunan-bangunan pantai harus mengetahui atau memperhatikan arah

angin, arah gelombang datang dan juga mengetahui tinggi gelombang pecah yang terjadi pada bangunan tersebut. Menurut Triatmodjo (1999) gelombang laut bisa dibangkitkan oleh angin (gelombang angin), gaya tarik menarik matahari, dan bulan (pasang surut), letusan gunung berapi, atau gempa di laut (*tsunami*), kapal yang bergerak dan sebagainya. Kecepatan angin memungkinkan penyebab terjadinya fenomena alam yaitu erosi, abrasi dan sedimentasi. Gelombang juga dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen arah tegak lurus pantai dan sejajar pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai.

Gelombang pecah sangat mempengaruhi seberapa tinggi bangunan pantai yang akan direncanakan. Secara umum keadaan pantai di Provinsi Bengkulu, khususnya pantai Tapak Paderi, telah banyak mengalami kerusakan berupa erosi, abrasi dan sedimentasi yang disebabkan oleh adanya hempasan gelombang yang sangat besar

tersebut. Erosi, abrasi dan sedimentasi yang terjadi di daerah-daerah pesisir pantai ini, keadaannya sudah sangat memprihatinkan, karena semakin menipisnya daerah pinggir pantai. Ada beberapa solusinya yaitu melakukan pembangunan pengaman pantai berupa bangunan pantai pemecah gelombang (*breakwater*), *revetment*, dan pembentukan tembok laut (*groin*), dan hutan mangrove di sekitar pantai yang terkena dampak erosi dan abrasi tersebut (Besperi, 2012). Pemecah gelombang adalah bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah perairan dari gangguan gelombang. Pemecah gelombang dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan lepas pantai. Tipe pertama digunakan untuk perlindungan perairan pelabuhan sedang tipe kedua untuk perlindungan pantai terhadap erosi (Triatmodjo, 1999). Pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi 3 tipe (Triatmodjo, 1999), yaitu: pemecah gelombang sisi miring, tegak dan pemecah gelombang campuran.

Selama ini dalam perencanaan bangunan pantai kurang memperhatikan arah datangnya angin serta tinggi gelombang pecah. Melihat kondisi tersebut penelitian ini dilakukan untuk menganalisis gelombang

terhadap struktur bangunan *breakwater* tegak di Pantai Tapak Paderi Bengkulu. Adapun tujuan penelitian untuk mengetahui karakteristik gelombang yang terjadi dan mengetahui gelombang signifikan yang terjadi di bangunan *breakwater* sebagai acuan analisis dimensi *breakwater* tipe sisi tegak. Diharapkan penelitian ini bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan terutama di bidang perlindungan bangunan pantai.

METODELOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tentang analisis pengaruh angin terhadap tinggi gelombang pecah pantai Tapak Paderi kota Bengkulu berlokasi dalam lingkungan objek wisata pantai Tapak Paderi di dekat Pelabuhan Marina Bengkulu. Batas-batas lokasi penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebelah Utara : Pantai Zakat.
2. Sebelah Timur : Pantai Zakat.
3. Sebelah Selatan : Benteng Malabrough.
4. Sebelah Barat : Mess Pemda.

Denah lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian (Google maps, diunduh 1 Oktober 2012)

Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan untuk mengumpulkan data terdiri dari:

1. Data Primer

Data ini diperoleh dengan melakukan survei secara langsung untuk pengukuran dimensi breakwater.

2. Data Sekunder

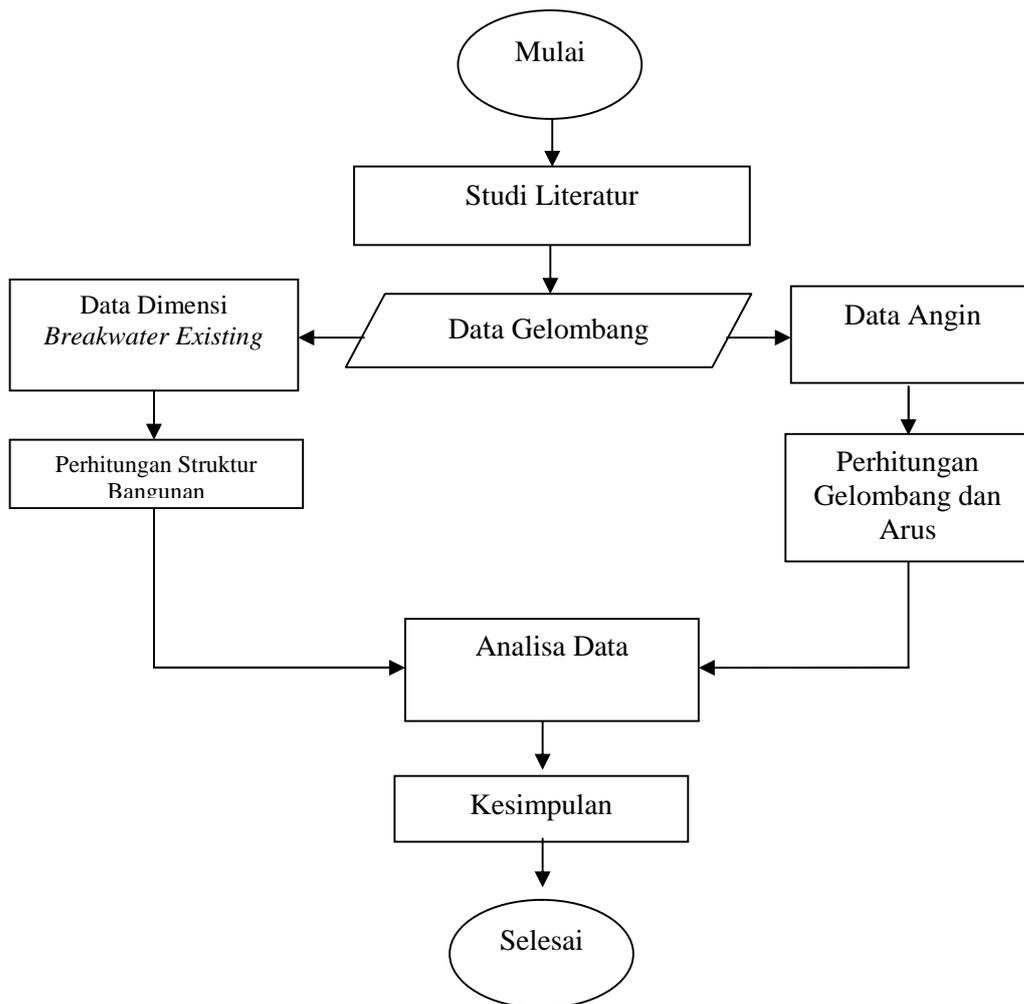
Data sekunder yang digunakan yaitu data angin dari BMKG Provinsi Bengkulu, literatur-literatur berupa buku, artikel dari internet, dokumen atau publikasi dari berbagai sumber yang berhubungan dengan penelitian (BMKG dalam Nadia, 2013).

Analisa data

Analisa fetch dan peramalan gelombang dilakukan untuk mengetahui tinggi, periode dan arah gelombang serta arus yang secara dominan mempengaruhi daerah penelitian. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan data angin pada daerah studi dan analisa gelombang pecah.

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian digambarkan pada Gambar 2 untuk mempermudah dan mengarahkan jalannya penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Nilai Tinggi dan Periode Gelombang

Nilai tinggi gelombang dan periode gelombang diukur dengan menggunakan alat *theodolite*. Alat ini digunakan untuk mengukur tinggi gelombang dengan cara menentukan muka air laut tenang. Pengukuran dilakukan pada pagi, siang, dan sore hari. Hasil pencatatan data tinggi gelombang dan perhitungan untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang signifikan (H_S) dan periode gelombang signifikan (T_S) dapat dilihat pada Lampiran I. Setelah didapat nilai tinggi gelombang signifikan (H_S) dan periode gelombang signifikan (T_S) dari pencatatan, maka diambil nilai tinggi gelombang signifikan

(H_S) dan periode gelombang signifikan (T_S) yang terbesar yaitu $H_S = 2,46$ meter dan $T_S = 11,58$ detik.

Berdasarkan perhitungan pada Lampiran II didapatkan bahwa gelombang mengalami kondisi *fully developed seas*. Kondisi yang disebabkan oleh nilai *fetch* yang cukup panjang sehingga tinggi gelombang mencapai harga maksimum maka digunakan panjang *fetch* 200 km dengan tinggi gelombang signifikan (H_S) adalah 2,85 meter dan periode gelombang signifikan (T_S) adalah 8,48 detik.

Data Pasang Surut

Pada penelitian ini data pasang surut didapat dari BMKG kelas II Pulau Baii Bengkulu yang merupakan data sekunder. Data pasang surut yang digunakan adalah data pasang surut tahun 2007, 2009, dan 2012. Dari 3 tahun data pasang surut didapat nilai pasang terbesar dan surut terendah yang sama.

Data pasang surut kemudian diolah untuk mendapatkan nilai rata-rata pasang surut setiap tahunnya. Perhitungan data pasang surut dapat dilihat pada Lampiran III. Setelah didapat nilai rata-rata pasang surut dari setiap tahun maka dilakukan perhitungan rata-rata data pasang surut untuk mendapatkan nilai muka air rata-rata (*mean water level*) pada Tabel 1

Tabel 1. Nilai Pasang Surut

Tahun	Bulan	Muka Air Tinggi (<i>High Water Level</i>)	Muka Air Rendah (<i>Low Water Level</i>)	Muka Air Rata-rata (<i>Mean Water Level</i>)
2007	April	1,5 m	0,1 M	0,709 M
	Juni	1,5 m	0,1 M	0,697 M
	Oktober	1,5 m	0,1 M	0,700 M
	November	1,5 m	0,1 M	0,697 M
	Desember	1,5 m	0,1 M	0,696 M
2009	Mei	1,5 m	0,1 M	0,699 M
	Juni	1,5 m	0,1 M	0,700 M
	Desember	1,5 m	0,1 M	0,701 M
2012	Mei	1,5 m	0,1 M	0,700 M
	Juni	1,5 m	0,1 M	0,700 M
	Juli	1,5 m	0,1 M	0,700 M
	November	1,5 m	0,1 M	0,701 M
	Desember	1,5 m	0,1 M	0,699 M
Rata-rata		1,5 m	0,1 M	0,700 M

Sumber: Hasil Perhitungan Olahan Sediri, 2013

Dari hasil perhitungan data pasang surut tersebut maka didapat elevasi pasang surut sebagai berikut:

Muka air tinggi (*high water level*) = 1,5 meter
 Muka air rendah (*low water level*) = 0,1 meter
 Muka air rata-rata (*mean water level*) = 0,7 meter

Perhitungan Refraksi

Koefisien refraksi dihitung berdasarkan nilai cepat rambat gelombang dan sudut datang gelombang. Nilai koefisien refraksi yang diperoleh dari perhitungan adalah sebesar 0,94.

Perhitungan Tinggi Gelombang di Laut Dalam

Tinggi gelombang di laut dalam dihitung berdasarkan nilai tinggi gelombang, koefisien refraksi dan koefisien pendangkalan. Tinggi gelombang di laut dalam (H_0) adalah sebesar 3,072 meter. Selanjutnya didapat nilai tinggi gelombang ekuivalen (H'_0) adalah 2,888 meter.

Penghitungan Tinggi Gelombang Pecah Berdasarkan Kecepatan Angin

Tinggi gelombang pecah (H_b) dihitung berdasarkan nilai tinggi gelombang laut dalam yang diperoleh dari kecepatan angin

dominan di propinsi Bengkulu. Tinggi gelombang pecah yang diperoleh dari perhitungan sebesar 3,668 meter dan kedalaman gelombang pecah 4,144 meter.

Tinggi gelombang signifikan visual dari perhitungan sebesar 2,46 meter dan tinggi gelombang signifikan dari hasil perhitungan berdasarkan kecepatan angin dari BMKG Bengkulu sebesar 2,85 meter. Adanya perbedaan antara tinggi gelombang signifikan visual dan tinggi gelombang signifikan berdasarkan kecepatan angin terjadi. Ini terjadi karena pengukuran gelombang secara visual dilakukan pada kecepatan angin di bawah nilai rata-rata kecepatan angin yang terjadi di propinsi Bengkulu. Bila terdapat perbedaan antara tinggi gelombang visual dan tinggi gelombang berdasarkan konversi angin, maka yang dipakai tinggi gelombang yang besar sebagai acuan dalam menentukan elevasi puncak perencanaan struktur bangunan pantai. Pengambilan tinggi gelombang yang terbesar dimaksudkan agar bangunan pantai tersebut aman dari hempasan gelombang.

Perhitungan Pemecah Gelombang Sisi Tegak

Kedalaman air dan tinggi bangunan pada lokasi penelitian direncanakan sebagai berikut:

Kedalaman air di depan pemecah gelombang (d) = 7 meter

Jarak dari elevasi muka air rencana ke dasar tampang sisi tegak (d') = 5 meter

Kedalaman di atas lapis pelindung dari pondasi tumpukan batu (h) = 4 meter

Jarak antara elevasi muka air rencana dan puncak bangunan (d_c) = 2 meter

Panjang dan Tinggi Gelombang

Dari perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, diketahui nilai-nilai sebagai berikut:

Tinggi gelombang signifikan (H_s)
= 2,85 meter

Periode gelombang signifikan (T_s)
= 8,48detik

Panjang gelombang di laut dalam (L_0)
= 112,274 meter

Tinggi gelombang ekuivalen (H'_0)
= 2,888 meter

Kemudian dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{H'_0}{L_0} = \frac{2,888}{112,274} = 0,026$$

$$\frac{d}{L_0} = \frac{7}{112,274} = 0,0623$$

Selanjutnya menghitung nilai kedalaman gelombang dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$d_{bw} = d + 5mH^{1/3}$$

$$d_{bw} = 7 + 5 \times \frac{1}{30} \times 2,85$$

$$d_{bw} = 7,475 \text{ meter}$$

Nilai tinggi gelombang maksimum (H_{max}) didapat dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$H_{max} = 1,8H$$

$$H_{max} = 1,8 \times 2,85$$

$$H_{max} = 5,13 \text{ meter}$$

Tekanan Gelombang

Dari Tabel $\frac{d}{L_0}$ pada Lampiran VII, fungsi

$\frac{d}{L}$ untuk penambahan $\frac{d}{L_0} = 0,0623$;

dengan interpolasi didapat:

$$\frac{d}{L_0} = 0,0620 \qquad \frac{d}{L} = 0,10626$$

$$\frac{d}{L_0} = 0,0623 \qquad \frac{d}{L} = X$$

$$\frac{d}{L_0} = 0,0630 \quad \frac{d}{L} = 0,10724$$

$$X = 0,10626 - \frac{(0,0623 - 0,0620)}{(0,0620 - 0,0620)} \times (0,10626 - 0,10724)$$

$$X = 0,10655$$

Dari Tabel $\frac{d}{L_0}$ pada Lampiran VII, fungsi

$$\left(\frac{4fd}{L}\right) \text{ untuk penambahan } \frac{d}{L_0} = 0,0623 ;$$

dengan interpolasi didapat:

$$\frac{d}{L_0} = 0,0620 \quad \left(\frac{4fd}{L}\right) = ,3354$$

$$\frac{d}{L_0} = 0,0623 \quad \left(\frac{4fd}{L}\right) = X$$

$$\frac{d}{L_0} = 0,0630 \quad \left(\frac{4fd}{L}\right) = ,3476$$

$$X = 1,3354 - \frac{(0,0623 - 0,0620)}{(0,0620 - 0,0620)} \times (1,3354 - 1,3476)$$

$$X = 1,3391$$

Dari Tabel $\frac{d}{L_0}$ pada Lampiran VII, fungsi

$$\sinh\left(\frac{4fd}{L}\right) \text{ untuk penambahan}$$

$$\frac{d}{L_0} = 0,0623 ; \text{ dengan interpolasi didapat:}$$

$$\frac{d}{L_0} = 0,0620 \quad \sinh\left(\frac{4fd}{L}\right) = 1,7691$$

$$\frac{d}{L_0} = 0,0623 \quad \sinh\left(\frac{4fd}{L}\right) = X$$

$$\frac{d}{L_0} = 0,0630 \quad \sinh\left(\frac{4fd}{L}\right) = ,7942$$

$$X = 1,7691 - \frac{(0,0623 - 0,0620)}{(0,0620 - 0,0620)} \times (1,7691 - 1,7942)$$

$$X = 1,7766$$

Dari Tabel $\frac{d}{L_0}$ pada Lampiran VII, fungsi

$$\cosh\left(\frac{2fd}{L}\right) \text{ untuk penambahan}$$

$$\frac{d}{L_0} = 0,0623 ; \text{ dengan interpolasi didapat:}$$

$$\frac{d}{L_0} = 0,0620 \quad \cosh\left(\frac{2fd}{L}\right) = 0,7184$$

$$\frac{d}{L_0} = 0,0623 \quad \cosh\left(\frac{2fd}{L}\right) = X$$

$$\frac{d}{L_0} = 0,0630 \quad \cosh\left(\frac{2fd}{L}\right) = 0,7260$$

$$X = 0,7184 - \frac{(0,0623 - 0,0620)}{(0,0620 - 0,0620)} \times (0,7184 - 0,7260)$$

$$X = 0,7207$$

Jadi, didapat nilai $\frac{d}{L} = 0,10655$, nilai

$$\left(\frac{4fd}{L}\right) = 1,3391, \text{ nilai } \sinh\left(\frac{4fd}{L}\right) =$$

$$1,7766, \text{ dan nilai } \cosh\left(\frac{2fd}{L}\right) = 0,7207. \text{ Dari}$$

beberapa nilai yang diperoleh tersebut dihitung koefisien tekanan gelombang sebagai berikut:

$$r_1 = 0,6 + \frac{1}{2} \left\{ \frac{\left(\frac{4fd}{L}\right)}{\sinh\left(\frac{4fd}{L}\right)} \right\}^2$$

$$r_1 = 0,6 + \frac{1}{2} \left\{ \frac{1,3391}{1,7766} \right\}^2$$

$$r_1 = 0,88$$

$$\frac{d_{bw} - h}{3d_{bw}} \left(\frac{H_{\max}}{h}\right)^2 = \frac{7,475 - 4}{3 \times 7,475} \left(\frac{5,13}{4}\right)^2 = 0,255$$

$$\frac{2d}{H_{\max}} = \frac{2 \times 7}{5,13} = 2,729$$

$$r_2 = \min \left\{ \frac{d_{bw} - h}{3d_{bw}} \left(\frac{H_{\max}}{h} \right)^2, \frac{2d}{H_{\max}} \right\}$$

$$r_2 = \min \{0,255 : 2,729\}$$

$$r_2 = 0,255$$

$$r_3 = 1 - \frac{d'}{d} \left\{ 1 - \frac{1}{\cosh \left(\frac{2fd}{L} \right)} \right\}$$

$$r_3 = 1 - \frac{5}{7} \left\{ 1 - \frac{1}{0,7207} \right\}$$

$$r_3 = 1,277$$

Jadi, dari hasil perhitungan didapatkan nilai

$$r_1 = 0,88, r_2 = 0,255, \text{ dan } r_3 = 1,277.$$

Tekanan gelombang

$$p_1 = \frac{1}{2} (1 + \cos S) (r_1 + r_2 \cos^2 S) \gamma_0 H_{\max}$$

$$p_1 = \frac{1}{2} (1 + \cos 15^\circ) (0,88 + 0,255 \cos^2 15^\circ) 1,03 \times 5,13$$

$$p_1 = 5,806 \text{ t/m}^2$$

$$p_2 = \frac{p_1}{\cosh \left(\frac{2fd}{L} \right)}$$

$$p_2 = \frac{5,806}{0,7207}$$

$$p_2 = 8,057 \text{ t/m}^2$$

$$p_3 = r_3 p_1$$

$$p_3 = 1,277 \times 5,806$$

$$p_3 = 7,415 \text{ t/m}^2$$

Jadi, dari hasil perhitungan didapatkan nilai

$$p_1 = 5,806, p_2 = 8,057, \text{ dan } p_3 = 7,415.$$

Selanjutnya menghitung tekanan ke atas

dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$p_u = \frac{1}{2} (1 + \cos S) r_1 r_3 \gamma_0 H_{\max}$$

$$p_u = \frac{1}{2} (1 + \cos 15^\circ) \times 0,88 \times 1,277 \times 1,03 \times 5,13$$

$$p_u = 5,837 \text{ t/m}^2$$

Dari tekanan gelombang yang telah dihitung yaitu $p_u = 5,837 \text{ t/m}^2$, selanjutnya dapat dihitung gaya gelombang dan momen yang ditimbulkan oleh gelombang terhadap kaki bangunan sebagai berikut:

Elevasi maksimum dimana tekanan gelombang bekerja

$$y^* = 0,75 (1 + \cos S) H_{\max}$$

$$y^* = 0,75 (1 + \cos 15^\circ) 5,13$$

$$y^* = 7,564$$

$$d_c^* = \min \{ y^* : d_c \}$$

$$d_c^* = \min \{ 7,564 : 2 \} \rightarrow d_c^* = 2$$

$$y^* > d_c \rightarrow p_4 = p_1 \left(1 - \frac{d_c}{y^*} \right)$$

$$p_4 = p_1 \left(1 - \frac{d_c}{y^*} \right)$$

$$p_4 = 5,806 \left(1 - \frac{2}{7,564} \right)$$

$$p_4 = 4,271 \text{ t/m}^2$$

Jadi, elevasi maksimum dari distribusi tekanan gelombang terhadap muka air laut $y^* = 7,564$ dan nilai $p_4 = 4,271 \text{ t/m}^2$.

Selanjutnya dapat dihitung gaya gelombang dan momen.

$$p = \frac{1}{2} (p_1 + p_3) d' + \frac{1}{2} (p_1 + p_4) d_c^*$$

$$p = \frac{1}{2} (5,806 + 7,415) \times 5 +$$

$$\frac{1}{2} (5,806 + 7,415) \times 2$$

$$p = 46,274 \text{ t}$$

$$M_p = \frac{1}{6}(2p_1 + p_3)d'^2 +$$

$$\frac{1}{2}(p_1 + p_4)d'd_c^* +$$

$$\frac{1}{6}(p_1 + 2p_4)d_c^{*2}$$

$$M_p = \frac{1}{6}(2 \times 5,806 + 7,415) \times 5^2 +$$

$$\frac{1}{2}(5,806 + 7,415) \times 5 \times 2 +$$

$$\frac{1}{6}(5,806 + 7,415) \times 2^2$$

$$M_p = 185,094 \text{ tm}$$

Jadi, gaya tekanan gelombang (p) adalah sebesar 46,274 ton dan momennya (M_p) adalah sebesar 185,094 tonmeter.

Gaya angkat dan momennya terhadap ujung belakang kaki bangunan dengan lebar dasar elevasi bangunan vertikal (B) = 4 meter adalah sebagai berikut:

$$U = \frac{1}{2} \times P_u \times B$$

$$U = \frac{1}{2} \times 5,837 \times 4$$

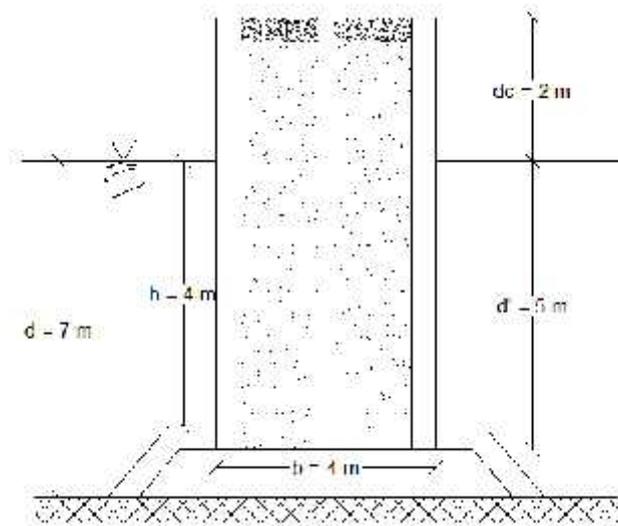
$$U = 11,674 \text{ t}$$

$$M_u = \frac{2}{3} \times U \times B$$

$$M_u = \frac{2}{3} \times 11,674 \times 4$$

$$M_u = 31,131 \text{ tm}$$

Jadi, gaya angkat (U) adalah sebesar 11,674 ton dan momennya (M_u) adalah sebesar 31,131 tonmeter.



Gambar 2. Breakwater Tipe Tegak

KESIMPULAN

1. Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa gelombang mengalami kondisi *fully developed seas*. Kondisi yang disebabkan oleh nilai *fetch* yang cukup panjang sehingga tinggi gelombang mencapai harga maksimum maka digunakan panjang *fetch* 200 km dengan tinggi gelombang signifikan (H_s) adalah 2,85 meter dan periode gelombang signifikan (T_s) adalah 8,48 detik.
2. Gaya tekanan gelombang (p) adalah sebesar 46,274 ton dan momennya

(M_p) adalah sebesar 185,094 tonmeter. Gaya angkat (U) adalah sebesar 11,674 ton dan momennya (M_U) adalah sebesar 31,131 tonmeter.

Pengukuran tinggi gelombang visual perlu dilakukan pada setiap bulan di sepanjang tahun agar diperoleh gambaran tinggi gelombang yang lebih representatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Besperi. 2012. **Pengaruh Angin terhadap Gelombang Pecah Pantai Zakat Propinsi Bengkulu.** Laporan Penelitian, Univeritas Bengkulu, Bengkulu.
- Nadia, P., 2013. **Analisis Pengaruh Angin Terhadap Tinggi Gelombang Pada Struktur Bangunan Breakwater Miring di Tapak Paderi Kota Bengkulu.** Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- Nizam. 1994. **Proses Kepantaian Bagian I.** Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 1999. **Teknik Pantai.** Beta Offset, Yogyakarta.
- Yuwono, N. 1992. **Teknik Pantai Volume II.** Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.