

Model Perhitungan Titik Gelombang Pecah (*Point Breaker Wave*) Disekitar Pantai

Rahmat Gernowo

Jurusan Fisika, Fakultas MIPA Universitas Diponegoro Semarang
Email : rahmatgernowo@undip.ac.id

Abstract

In this paper will be studied numerically the point breaker wave characteristic on shore. The model equation of the surface wave based on the equations which is governed by combining the refraction-diffraction on mild slope bottom. As mathematical analysis approximation, the finite difference methods was us for understanding the characteristic behavior of the surface wave on shore. The numerical simulation is obtained from the result of the numerical computation. There are significance changes of the height of wave, which is influenced by mild slope bottom factor (shoaling), diffraction and refraction.

Key Word: Point Breaker Wave, finite difference, diffraction and refraction.

Abstrak

Dalam makalah ini dikaji secara numerik model perhitungan titik gelombang pecah di perairan pantai. Persamaan model gelombang pecah (point breaker wave) ini didasarkan pada persamaan-persamaan yang dibentuk oleh kombinasi refraksi-difraksi pada slope dasar pantai yang landai. Sebagai pendekatan analisis matematika akan digunakan metode beda hingga untuk melihat perilaku karakteristik gelombang permukaan disekitar pantai. Simulasi numerik diperoleh sebagai hasil dari perhitungan numeric, yang menunjukkan adanya suatu perubahan tinggi gelombang akibat dari faktor perubahan dasar pantai (pendangkalan), difraksi dan refraksi.

Kata Kunci : Titik Gelombang pecah, beda hingga, difraksi dan refraksi

PENDAHULUAN

Aktivitas daerah pantai dalam hal reklamasi pantai, dewasa ini telah dilakukan secara besar-besaran. Beberapa hal yang terjadi, dengan adanya reklamasi pantai antara lain; terjadinya abrasi dan sedimentasi, pencemaran laut dan lain-lain [1] Untuk menghindari terjadinya hal tersebut perlu adanya perencanaan dan pengaturan yang disesuaikan dengan karakteristik daerah pantai tersebut dengan tujuan untuk menekan perubahan-perubahan yang merugikan tersebut [1]. Dalam makalah ini akan dilakukan suatu penelitian awal dari suatu kajian numerik Perhitungan titik gelombang pecah (*point breaker wave*) disekitar pantai berdasarkan perhitungan matematis pendekatan beda hingga, dari kasus kombinasi refraksi-difraksi [2],[3]

Persamaan Model

Persamaan medan gelombang yang merupakan kondisi persamaan slope landai dikembangkan oleh (Berkhoff, J.C.W. 1972) dan (Berkhoff, J.C.W. Booij, N. and Radder, A.C. 1982) diberikan oleh (Watanabe, A. dan Maruyama, K. 1986) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{1}{n} c^2 \frac{\partial}{\partial x} (n\zeta) &= 0 \\ \frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{1}{n} c^2 \frac{\partial}{\partial y} (n\zeta) &= 0\end{aligned}\quad (1)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = 0$$

Dimana

$$Q_x = \int_{-h}^0 u dz \quad ; \quad Q_y = \int_{-h}^0 v dz \quad (2)$$

u dan v adalah komponen kecepatan horizontal dalam arah ke x dan y , c adalah kecepatan fasa, ζ adalah elevasi permukaan air dan k adalah bilangan gelombang serta h kedalaman air.

Dimana ;

$$n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right)$$

Perhitungan model gelombang tergantung pada kondisi gelombang dan kemiringan dasar pantai yang seragam, untuk perhitungan medan gelombang di dalam surf zone, suku energi terdisipasi akibat gelombang pecah, sehingga diperoleh persamaan;

$$\frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{1}{n} c^2 \frac{\partial}{\partial x} (n \zeta) + f_D Q_x = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{1}{n} c^2 \frac{\partial}{\partial y} (n \zeta) + f_D Q_y = 0$$

Watanabe, A. dan Maruyama, K. 1986, membandingkan persamaan di atas dengan model disipasi energi satu dimensi Mizuguchi dibawah kondisi gelombang panjang ($n = 1$) dimana faktor disipasi f_D ditentukan dari [7] :

$$f_D = \alpha_D \tan \beta \sqrt{\frac{g}{h} \left(\frac{\hat{Q}}{Q_r} - 1 \right)} \quad (4)$$

$$\hat{Q} = \sqrt{\hat{Q}_x^2 + \hat{Q}_y^2}, \quad Q_r = \gamma \sqrt{gh^3}$$

dengan $\tan \beta$ adalah slope dasar disekitar titik pecah, \hat{Q}_x dan \hat{Q}_y adalah amplitudo komponen kecepatan aliran.

Watanabe, A. dan Maruyama, K. 1986, memberikan diagram indeks pecah, dimana parameter pengatur kondisi pecah adalah perbandingan kecepatan orbital di puncak dengan kecepatan fasa (u_b / c_b), yang diambil dari indeks pecah diberikan oleh Goda melalui konversi parameter dari h_b / H_0 ke u_b / c_b dengan menggunakan teori gelombang linier. U_{bo} adalah kecepatan horisontal di MWL di bawah puncak

gelombang dan u_{bc} adalah kecepatan di puncak. Parameter u_{bo}/c_b , karena variasinya lebih kecil.

Pertama-tama persamaan slope landai yang bergantung waktu, diselesaikan dengan asumsi tidak ada disipasi energi. Solusi dari ζ , Q_x dan Q_y dinyatakan dalam suku-suku amplitudonya $\hat{\zeta}$, \hat{Q}_x dan \hat{Q}_y dan sudut fasa ξ_ζ , ξ_x dan ξ_y [4].:

$$\zeta = \hat{\zeta} \sin(\sigma t + \xi_\zeta)$$

$$Q_x = \hat{Q}_x \sin(\sigma t + \xi_x) \quad (5)$$

$$Q_y = \hat{Q}_y \sin(\sigma t + \xi_y)$$

dimana σ adalah frekuensi angular. Kecepatan orbital pada rata-rata permukaan air ($MWL = \text{mean water level}$) dibawah puncak gelombang dihitung ketika ζ mencapai maksimum [4].:

$$U_c = k \coth kh. \hat{Q}_x \cos(\xi_x - \xi_\zeta)$$

$$V_c = k \coth kh. \hat{Q}_y \cos(\xi_y - \xi_\zeta) \quad (6)$$

$$U_\infty = \sqrt{U_c^2 + V_c^2}, \quad \alpha_c = \tan^{-1}(V_c / U_c)$$

dimana U_c dan V_c adalah komponen kecepatan dalam arah x dan y , u_∞ adalah magnitude kecepatan orbital dan α_c menunjukkan arah u_∞ terhadap sumbu x . Kecepatan gelombang yang diperlukan untuk perbandingan dengan u_∞ adalah komponen kecepatan fasa c dalam arah kecepatan orbital dibawah puncak.

Model Perhitungan Numerik

Solusi analitik persamaan slope landai yang bergantung waktu diawali dengan pembuatan sel (grid) ruang dilakukan dengan membagi daerah studi menjadi sel-sel ruang yang panjangnya masing-masing dalam arah sumbu x dan y , dimana sumbu x arahnya dari laut

dalam menuju garis pantai dan sumbu y sejajar dengan garis pantai [5]. Langkah waktu ditunjukkan oleh Δt [4]:

$$Q_{x,i,j}^{n+1} = Q_x \left\{ i\Delta s, \left(j + \frac{1}{2} \right) \Delta s, m\Delta t \right\}$$

$$: Q_{y,i,j}^n = Q_y \left\{ \left(i + \frac{1}{2} \right) \Delta s, j\Delta s, m\Delta t \right\} \quad (7)$$

$$\zeta_{i,j}^m = \zeta \left\{ \left(i + \frac{1}{2} \right) \Delta s, \left(j + \frac{1}{2} \right) \Delta s, \left(m + \frac{1}{2} \right) \Delta t \right\}$$

Syarat Batas Model

Bila gelombang berdiri ada didepan suatu reflektor sepanjang batas $x = x_0$ dengan koefisien refleksi adalah K_R (perbandingan tinggi gelombang refleksi dengan gelombang datang) dan α_n adalah sudut gelombang datang, dimana komponen laju aliran dalam arah x pada suatu waktu tertentu pada titik (x_0, y_0) pada batas dan pada titik lain $(x_0 - \Delta s, y_0)$ diberikan sebagai jumlah laju aliran dari gelombang datang dan yang direfleksikan, Q_{xI}, Q_{xR} [4]:

Batas Refleksi

Syarat batas digaris pantai ditinjau dari akibat gelombang refleksi [6] maka dapat diturunkan persamaan berikut :

$$Q_x(x_0, y_0) = Q_{xI}(x_0, y_0) + Q_{xR}(x_0, y_0) \quad (8)$$

$$Q_x(x_0 - \Delta s, y_0) = Q_{xI}(x_0 - \Delta s, y_0) + Q_{xR}(x_0 - \Delta s, y_0)$$

untuk syarat batas parallel ke sumbu y diperoleh:

$$Q_x(x_0, y_0) = A Q_{xI}(x_0 - \Delta s, y_0)$$

$$A = \frac{(1 - K_R)}{\left(1 + K_R^2 - 2K_R^2 \cos(2k\Delta s \cos\alpha_n) \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (9)$$

untuk syarat batas parallel ke sumbu x:

$$Q_y(x_0, y_0) = B Q_{yI}(x_0, y_0 - \Delta s)$$

$$B = \frac{(1 - K_R)}{\left(1 + K_R^2 - 2K_R^2 \cos(2k\Delta s \cos\alpha_n) \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (10)$$

Batas non Refleksi

Syarat batas sisi tanpa refleksi ($K_R = 0$) : Paralel sumbu y terbuka :

$$\frac{\partial Q_y}{\partial t} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} \quad (11)$$

Paralel sumbu x :

$$\frac{\partial Q_x}{\partial t} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} \quad (12)$$

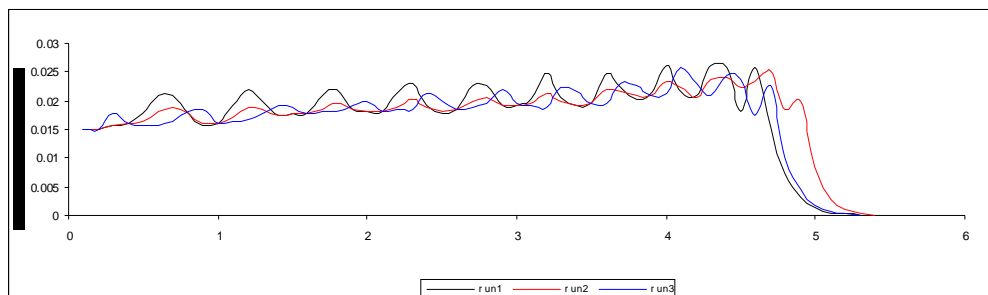
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagaimana tersebut di atas, model numerik gelombang ini dibangun berdasarkan persamaan gradien landai perairan pantai. Masukan program berupa tinggi gelombang (H_0), periode gelombang (T), sudut datang gelombang serta dimensi ruang perairan pantai yang berupa kemiringan dasar pantai dan kedalaman perairan laut dalam. Sedangkan keluaran program berupa parameter gelombang selama perambatan menuju pantai seperti panjang gelombang (L), kecepatan fasa gelombang (c), kecepatan group gelombang (c_g), bilangan gelombang (k), koefisien shoaling (K_s), koefisien refraksi (K_R), laju aliran atau kecepatan orbital elevasi dan tinggi gelombang.

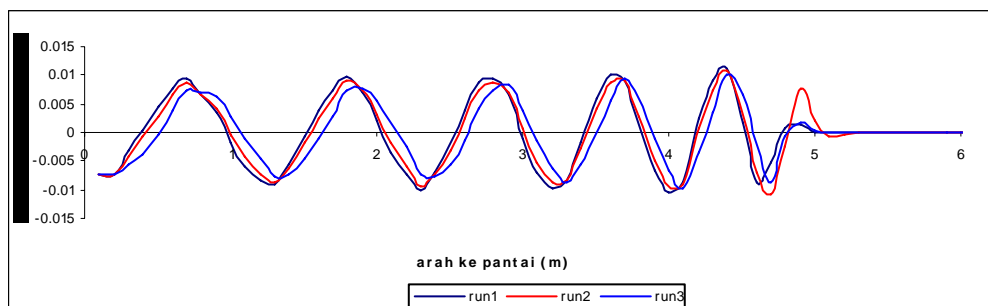
Sebagai parameter masukan diambil dari (Hadi, S., H. Latief, and Amirudin. 2002) dan (Hadi, S., D.K. Miharja, H. Latief, and N.S. Ningsih 1994) kemiringan dasar pantai (slope) = 1/30, periode = 1,2 detik, tinggi gelombang laut dalam = 0,015 meter dan gravitasi = 9,8 m/t² serta waktu iterasi 42000 detik berpengaruh pada hasil sedemikian hingga diperoleh Gambar 1, 2 dan 3, dapat diambil suatu analisa bahwa hasil perhitungan karakteristik gelombang, terdapat kesesuaian antara profil rasio tinggi gelombang, elevasi gelombang hasil program terhadap arah laut dalam kepantai. Dimana laju aliran maksimum arah positif (kearah pantai) terjadi pada

saat elevasi mencapai maksimum dan laju aliran maksimum arah negatif (kearah laut lepas). Laju aliran semakin kecil kearah pantai, sedangkan elevasi gelombang sebaliknya. Pada dasarnya laju aliran akan membesar dengan bertambahnya gradient elevasi, namun besarnya laju aliran juga dipengaruhi oleh kedalaman perairan, dimana laju aliran akan mengecil dengan berkurangnya kedalaman, dan sangat bergantung pada besarnya kemiringan (slope) dasar pantai. Dari Gambar 1. dapat diperoleh bahwa perubahan slope akan berpengaruh pada hasil rasio tinggi gelombang pada laut dalam besarnya rasio tinggi gelombang = 0,015 m kemudian gelombang mulai naik mencapai maksimum pada jarak sekitar 5 meter dari laut dalam, dan pada garis akan terdispersi akibat efek kombinasi refraksi – difraksi. Hal yang sama untuk

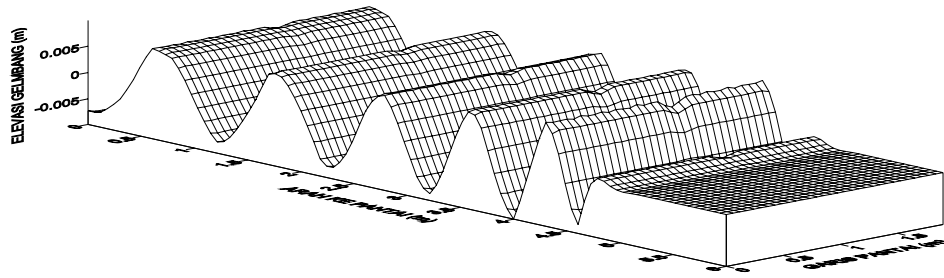
grafik elevasi dan laju rata – rata, elevasi minimum dilaut dalam = 0,0092 meter pada jarak 0,5 meter dari laut dalam dan elevasi maksimum = 0,012 meter pada jarak 4,49 meter mendekati pantai hal ini berkebalikan untuk laju rata-rata maksimum = 0,0068 dekat laut dalam dan laju rata rata minimum = 0,001 dekat garis pantai (lihat Gambar 1, 2, dan 4). Kemudian jika dilihat pada Gambar 6. dapat dianalisa bahwa perhitungan titik gelombang pecah hasil simulasi dengan data pengukuran oleh (Kim, J. J. , J. M. Lee and K. C. Kim 1999) akan terlihat perbedaan penelitian (ralat relatif) berkisar 65%, hal ini karena dalam model ini diambil asumsi bahwa ; pantai dianggap lurus, tidak ada sedimentasi dan kecepatan arus serta kecepatan angin. Hal mana dalam pengukuran langsung asumsi tersebut sangat berpengaruh.



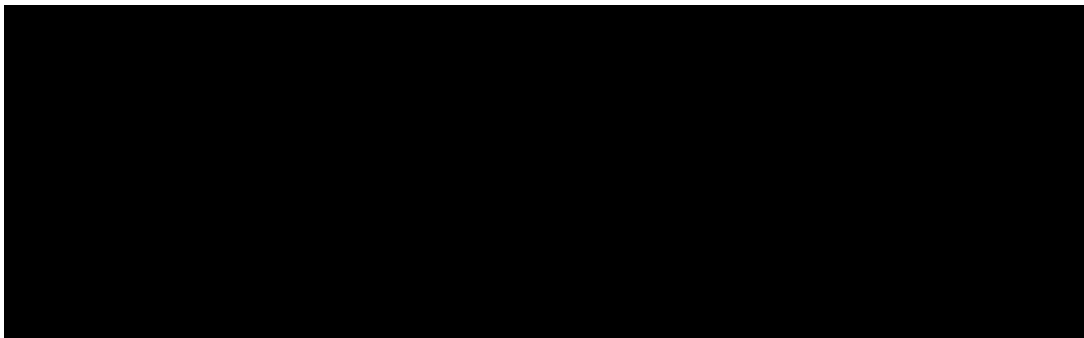
Gambar 1. Perubahan tinggi gelombang hasil model kombinasi refraksi-difraksi



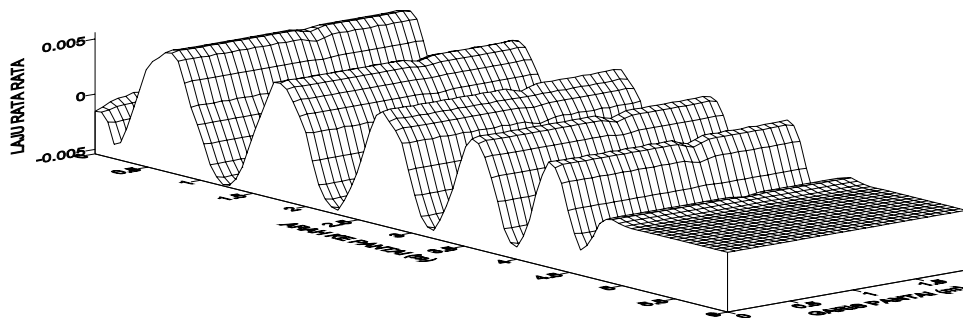
Gambar 2. Perubahan Elevasi (ζ) hasil model kombinasi refraksi-difraksi.



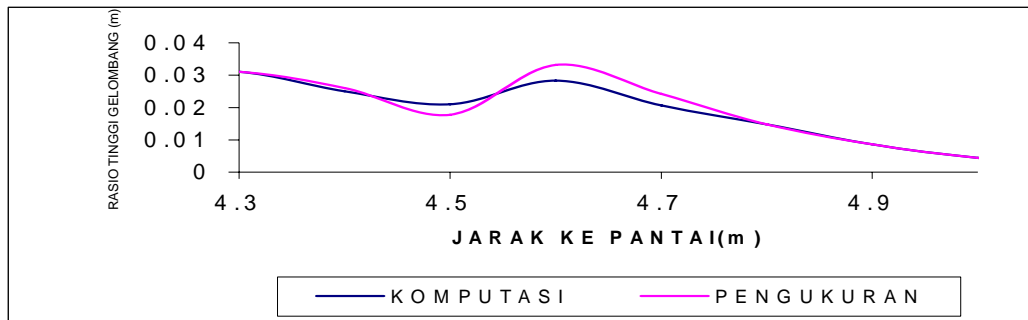
Gambar 3. Profil 3D Perubahan elevasi gelombang hasil perhitungan model.



Gambar 4. Perubahan Laju rata rata hasil perhitungan model.



Gambar 5. Profil 3D Perubahan laju rata-rata gelombang hasil model



Gambar 6. Validasi point breaker wave hasil komputasi dan data pengukuran

KESIMPULAN

Dari model gelombang kombinasi refraksi-difraksi, hasil yang diperoleh berupa validasi titik gelombang pecah dari data pengukuran dan hasil simulasi, dimana diperoleh perbedaan sekitar 65 % berupa ralat relatif dari hasil perhitungan validasinya. hal ini karena dalam model ini diambil asumsi bahwa ; pantai dianggap lurus, sedimentasi dan kecepatan arus serta kecepatan angin dianggap tidak ada.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Sutrisno, P. 1995. Manfaat SIG Untuk Perencanaan Reklamasi Pantai Utara Jakarta., Pertemuan Ilmiah MAPIN'95. Surabaya.
- [2]. Berkhoff. J.C.W. Booij, N. and Radder, A.C. 1982. Verification of Numerical Wave Propagation Models for Simple Harmonic Linear Water Waves, Coastal Eng. Vol. 6. p: 255-279
- [3]. Hsu, T.W., 1998. FLDW Measurements on the Vortex Behavior for Wave Passing over the Submerged Breaker, Research Report, NCKU
- [4]. Maruyama, K. and Kajima. 1985 , Two Dimensional Wave Calculation Method Based on Unsteady Mild Slope equation., Report Electric Central Res., Inst. No. 384041 (in Japanese)
- [5]. Liu, J., Pope, G. A. and Sephernoori, K.,1995. A High resolution Finite-difference scheme for nonuniform grids. Appl. Math. Modelling, 19: 162-169.
- [6]. Kim, J. J. , J. M. Lee and K. C. Kim 1999. Wave Induced Currents in the Coastal Zone, Proc. Oceanology International 99 Pacific Rim, p: 293 – 303.
- [7]. Mizuguchi, M 1980. A Heuristic Model of Wave Height Distribution in The Coastal Zone, Proc. 17th Coastal Eng. Conf, ASCE, p: 278-289
- [8]. Berkhoff. J.C.W. 1972. Computation of Combined Refraction – Diffraction, Proc. 13th Coastal Eng. Conf., ASCE,p: 471-490.
- [9]. Hadi, S.,D.K. Miharja, H. Latief, and N.S. Ningsih 1994. Wave Model in Surfzone, Kompetitif Research Grant II/1 Report No. 054/P4M/DPPM/II/1/1993 (in Indonesia)
- [10]. Hadi, S., H. Latief, and Amirudin. 2002., Wave Field model around Coastal Structures., Proc. ITB, Vol.34., No.1, p: 85-99.
- [11]. Watanabe, A and K. Maruyama 1986. Numerical Modelling of Nearshore Wave Field Under Combined Refraction, Diffraction and Breaking. Coastal Eng, in Japan. Vol. 29, p:19-34