

STUDI MODEL FISIK GROIN BERPORI TIPE GERIGI YANG DISUSUN SERI

Eka Hendra Irawan¹, Eldina Fatimah², Zouhrawaty A. Ariff³

¹⁾ Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Syiah Kuala Banda Aceh

^{2,3)} Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala

hendrairawan79@gmail.com

Abstract : Natural protection becomes to be threatened because of many factors. Coastal protection efforts are required to the coastal profile changes for reducing wave energy, protecting artificial coast, and changing sediment transport rate from the erosion. The objective of this research is to observe the coastal profile changes due to the availability of a set zigzag porous groin type with three variations of directions, i.e., $\theta_1 = 45^\circ$, $\theta_2 = 67.5^\circ$ and $\theta_3 = 90^\circ$. The groin end position located in breaker zone to look for the relationship of accretion height and erosion depth and to find the most effective groin angle position in restraining longshore sediment transport. The groin model has 47 % porosity and the incoming wave direction 11.31° . This research uses 1 : 20 undistorted model scale. The coastal slope is set 1:20 and the water depth in the wave basin is 30 cm. Breakwater model consists of 10 cm x 10 cm x 10 cm porous cubes which are set in a zigzag tipe. The model wave is generated by a regular wave generator (wave maker) during 30 minutes using three wave height variations, i.e., H_1T_1 (9 cm; 1.28 sec), H_2T_2 (6 cm; 1.49 sec) and H_3T_3 (3 cm; 1.67 sec) which are H and T are wave height and wave period. The results of this research indicates that the groin which set in the different angles give the effects to the coastal profile changes. The total volume of sand transportation during the wave runs of all conditions it is found that all of highest total volume is in 45° of groin direction. So that zig-zag type porous groin with 45° angle is more effective in restraining on-offshore sediments. The benefit of this research is expected that a set of porous zigzag groin types become one of the alternatives to the coastal protection constructions in reducing coastal erosion.

Keywords: Porous Groin, serration, physical model

Abstrak: Perlindungan alami mulai terancam keberadaannya disebabkan banyak faktor. Upaya perlindungan pantai dibutuhkan terhadap perubahan profil pantai diantaranya mengurangi energi gelombang, melindungi pantai buatan, dan mengubah laju transpor sedimen dari ancaman erosi. Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat perubahan profil pantai karena adanya groin berpori tipe zigzag dengan 3 (tiga) variasi sudut perletakan groin yaitu $\theta_1 = 45^\circ$, $\theta_2 = 67,5^\circ$ dan $\theta_3 = 90^\circ$. Posisi ujung groin pada gelombang pecah (*breaker zone*) yang membentuk hubungan ketinggian akresi serta kedalaman erosi untuk mendapatkan sudut penempatan groin yang paling efektif dalam menahan transpor sedimen sejajar pantai (*longshore sediment transport*). Model groin yang digunakan memiliki porositas 47 % dan sudut sudut arah gelombang 11.31° . Penelitian ini menggunakan model tak distorsi dengan skala model adalah 1:20. Kemiringan pantai ditetapkan 1:20 dengan kedalaman air di kolam adalah 30 cm. Model pemecah gelombang terdiri dari kubus berpori berukuran 10 cm x 10 cm x 10 cm di rangkai zigzag dan reguler. Gelombang dibangkitkan dengan alat pembangkit gelombang (*wave maker*) selama 30 menit pada tiga variasi tinggi gelombang yaitu H_1T_1 (9 cm; 1,28 dt), H_2T_2 (6 cm; 1,49 dt) dan H_3T_3 (3 cm; 1,67 dt) dimana H dan T adalah tinggi gelombang dan periode gelombang. Hasil yang didapat dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan groin dengan sudut yang berbeda, memberikan pengaruh terhadap perubahan profil pantai. Volume total angkutan sedimen selama gelombang berlangsung dengan semua kondisi didapat semua volume total terbesar terjadi pada sudut perletakan 45° . Sehingga groin berpori tipe zig-zag dengan sudut 45° penempatan lebih efektif dalam menahan sedimen onshore offshore.

Kata Kunci : Groin berpori, zigzag, model fisik

PENDAHULUAN

Pantai (*shore*) merupakan daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh pasang tertinggi dan air surut terendah. Daerah di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut, dan rembesan air laut disebut pesisir (*coast*). Bentuk profil pantai sangat dipengaruhi oleh serangan gelombang, sifat-sifat sedimen seperti rapat massa dan tahanan terhadap erosi, ukuran dan bentuk partikel, kondisi gelombang dan arus, serta bathimetri pantai (Triatmodjo, 1999). Dalam pengembangannya pantai berubah oleh pergerakan gelombang yang menyebabkan perubahan profil pantai. Perubahan profil pantai berupa mundurnya garis pantai (erosi) dan majunya garis pantai (sedimentasi). Perubahan profil disebabkan oleh gelombang datang yang membawa material hasil erosi, sebagian akan terendapkan di daerah yang tenang dan sebagian lagi akan terbawa aliran kembali ke laut. Arah gelombang dominan dari Barat Laut ke Utara menyebabkan transport sedimen dari Barat ke Timur.

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang terjadi perlindungan atau pengamanan pantai dimaksud untuk melindungi garis pantai dari perubahan-perubahan yang tidak diinginkan, maka dapat dibuat beberapa perumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana perubahan profil pantai yang terjadi dengan adanya groin berpori tipe gerigi yang disusun seri dengan variasi sudut.

2. Berapa besar volume sedimen yang tertahan pada konstruksi groin berpori yang tipe gerigi.
3. Bagaimana pengaruh karakteristik gelombang (H, dan T) terhadap volume sedimen yang terjadi di sekitar groin berpori tipe gerigi.

Adapun tujuan penelitian ini yaitu :

1. Untuk melihat perubahan profil pantai yang terjadi.
2. Melihat berapa besar volume sedimen yang tertahan di daerah groin.
3. Pengaruh karakteristik gelombang (H, dan T) terhadap volume sedimen yang terjadi akibat adanya groin berpori tipe gerigi yang disusun seri dengan variasi sudut.

Manfaat penelitian ini diharapkan groin berpori tipe gerigi ini dapat menjadi salah satu bangunan alternatif pelindung pantai sehingga dapat memperkecil erosi pantai, sehingga hasil yang didapat dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan groin dengan sudut yang berbeda, memberikan pengaruh terhadap perubahan profil pantai, terlihat dari perbandingan besarnya volume total pada setiap sudut penempatan groin.

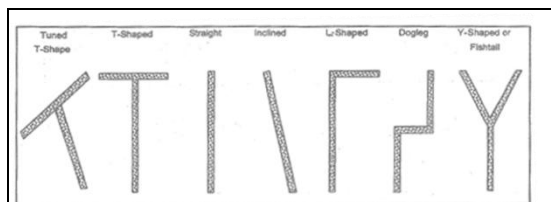
TINJAUAN KEPUSTAKAAN

Groin

Groin adalah bangunan pelindung pantai yang menjorok dari pantai ke arah laut, yang digunakan untuk menangkap atau menahan gerak sedimen sepanjang pantai (*longshore sediment transport*) ke pelabuhan dan muara

sungai, sehingga transport sedimen sepanjang pantai berkurang atau berhenti. Biasanya groin dibuat secara tegak lurus atau sedikit miring ke pantai dan sejajar, yaitu beberapa groin dibuat dengan jarak antara groin tertentu di sepanjang pantai yang telah dilindungi (Dhani dan Tarigan, 2007 : 1).

Groin yang ditempatkan di pantai akan menahan gerak sedimen tersebut sehingga sedimen mengendap di sisi sebelah hulu (terhadap arah transpor sedimen sepanjang pantai). Untuk mempertahankan agar pasir yang telah diisikan tersebut tidak tererosi kembali, maka diperlukan bangunan seperti groin permeable. Berikut adalah gambar tipe-tipe groin dan berbagai macam bentuk groin yang sering terdapat di pantai.



Gambar 2.4 Beberapa tipe groin
Sumber : Basco (2006)

Transpor Sedimen Pantai

Transpor sedimen terdiri dari transpor menuju dan meninggalkan pantai (*onshore-offshore transport*) dan transpor sepanjang pantai (*longshore transport*). Transport menuju dan meninggalkan pantai mempunyai arah rata-rata tegak lurus garis pantai, sedang transpor sepanjang pantai mempunyai arah rata-rata sejajar pantai (Triatmodjo, 1999). Transport sedimen sepanjang pantai banyak menyebabkan permasalahan seperti pendangkalan di pelabuhan, erosi pantai dan sebagainya. Oleh

karena itu prediksi transport sedimen sepanjang pantai adalah sangat penting.

Ajiwibowo (2006 : 6) menjelaskan transpor *onshore-offshore* utamanya ditentukan oleh kecuraman gelombang (*wave steepness*), ukuran sedimen, dan kemiringan pantai. Gelombang yang besar dan curam akan membawa material ke arah laut (*offshore*), sedangkan gelombang kecil dengan periode yang besar akan membawa material ke arah pantai (*onshore*).

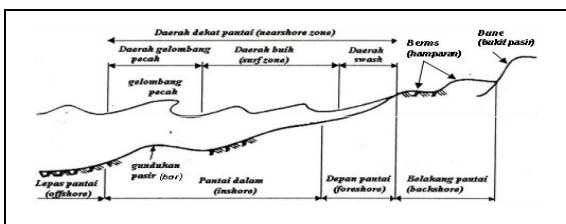
Gelombang akan pecah jika gelombang menjalar dari tempat yang dalam menuju ke tempat yang semakin lama semakin dangkal pada suatu lokasi tertentu. Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang (Triatmodjo, 2008 : 90).

Bentuk Pantai

Batas antara kedua zona adalah puncak berm, yaitu titik dari runup maksimum pada kondisi gelombang normal (biasa). *Surf zone* terbentang dari titik di mana gelombang pertama kali pecah sampai titik runup di sekitar lokasi gelombang pecah. Di lokasi gelombang pecah terdapat longshore bar yaitu gundukan pasir di dasar yang memanjang sepanjang pantai. Selama kondisi gelombang normal (tidak ada badai) pantai dalam keadaan keseimbangan dinamis.

Saat kondisi gelombang normal pantai membentuk profilnya sendiri yang mampu menghancurkan energi gelombang yang datang, tetapi saat terjadi gelombang yang lebih besar

(badai) pantai sering tidak mampu meredam energi gelombang sehingga terjadi erosi. Pasir yang tererosi akan bergerak ke arah laut sampai kecepatan air di dasar menjadi kecil, sehingga pasir tersebut akan mengendap. Akumulasi endapan tersebut akan membentuk gundukan pasir (*offshore bar*) di dasar pantai yang biasa memanjang sejajar garis pantai (Triatmodjo, 1999 : 161) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9, pantai dibagi menjadi *backshore* dan *foreshore*.



Gambar 2.9 Profil Pantai
Sumber : Triatmodjo (1999 : 161)

Batas antara kedua zona adalah puncak berm, yaitu titik dari runup maksimum pada kondisi gelombang normal (biasa). *Surf zone* terbentang dari titik di mana gelombang pertama kali pecah sampai titik runup di sekitar lokasi gelombang pecah. Di lokasi gelombang pecah terdapat longshore bar yaitu gundukan pasir di dasar yang memanjang sepanjang pantai. Selama kondisi gelombang normal (tidak ada badai) pantai dalam keadaan keseimbangan dinamis.

Arus di Dekat Pantai

Triatmodjo (1999) menjelaskan gelombang yang menjalar menuju pantai membawa massa air dan momentum dalam arah penjalaran gelombang. Transpor massa dan

momentum tersebut menimbulkan arus di daerah dekat pantai. Di beberapa daerah yang dilintasinya, perilaku gelombang dan arus yang ditimbulkannya berbeda. Daerah yang dilintasi gelombang adalah *offshore zone*, *surf zone* dan *swash zone*. Di daerah lepas pantai (*offshore zone*), yaitu daerah yang terbentang dari lokasi gelombang pecah ke arah laut, gelombang menimbulkan gerak orbit partikel air

Transpor massa tersebut dapat disertai dengan terangkutnya sedimen dasar dalam arah menuju pantai (*onshore*) dan meninggalkan pantai (*offshore*). Di *surf zone*, yaitu daerah antara gelombang pecah dan garis pantai, ditandai dengan gelombang pecah dan penjalaran gelombang setelah pecah ke arah pantai. Gelombang pecah menimbulkan arus dan turbulensi yang sangat besar yang dapat menggerakkan sedimen dasar. Setelah pecah, gelombang melintasi *surf zone* menuju pantai. Di daerah ini kecepatan partikel air hanya bergerak dalam arah penjalaran gelombang. Di *swash zone*, gelombang yang sampai di garis pantai menyebabkan massa air bergerak ke atas dan kemudian turun kembali pada permukaan pantai. Gerak massa air tersebut disertai dengan terangkutnya sedimen.

Model

Goda pada tahun 1992 menyatakan bahwa model fisik adalah suatu bentuk tiruan yang sebangun dan lebih kecil dari bentuk prototipnya. Ada tiga tingkatan sebangun, yaitu sebangun geometrik atau sebangun bentuk, sebangun kinematik atau sebangun dalam

gerak, dan sebangun dinamik (Mustaghfiri, 2007: 4).

Model harus dibuat sebangun dengan prototipnya pada permodelan fisik, walaupun memiliki ukuran yang lebih kecil. Tiga tingkatan sebangun tersebut yaitu :

1. Kesamaan bentuk (sebangun geometrik)

Kesamaan bentuk terpenuhi apabila model dan prototip mempunyai bentuk yang sama tetapi memiliki ukuran yang berbeda. Hal ini berarti bahwa perbandingan antara semua ukuran panjang yang digunakan antara model dan prototip adalah sama.

2. Kesamaan gerak (sebangun kinematik)

Sebangun kinematik terjadi antara prototip dan model jika prototip dan model sebangun geometrik dan perbandingan kecepatan dan percepatan di dua titik yang bersangkutan pada prototip dan model untuk seluruh pengaliran adalah sama.

3. Kesamaan dinamik

Goda pada tahun 1992 menyatakan bahwa jika prototip dan model telah memenuhi sebangun geometrik dan kinematik, dan gaya-gaya yang terjadi pada model dan prototip untuk seluruh pengaliran mempunyai perbandingan yang sama dan bekerja pada arah yang sama, maka keadaan seperti ini dikatakan sebangun dinamik (Fachrianoza, 2008 : 4)

Model fisik yang dapat dikerjakan di laboratorium dari ketiga persamaan tersebut dapat diklasifikasikan dalam dua tipe, yaitu :

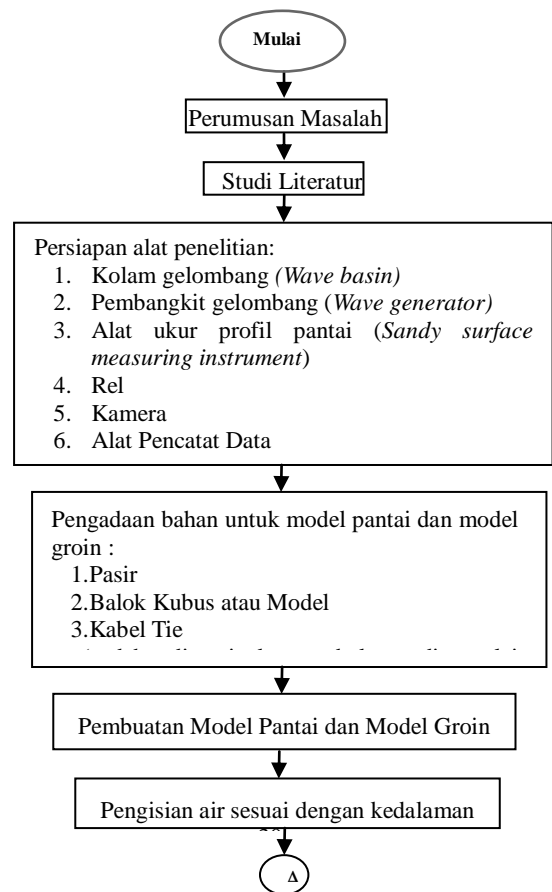
1. Model distorsi

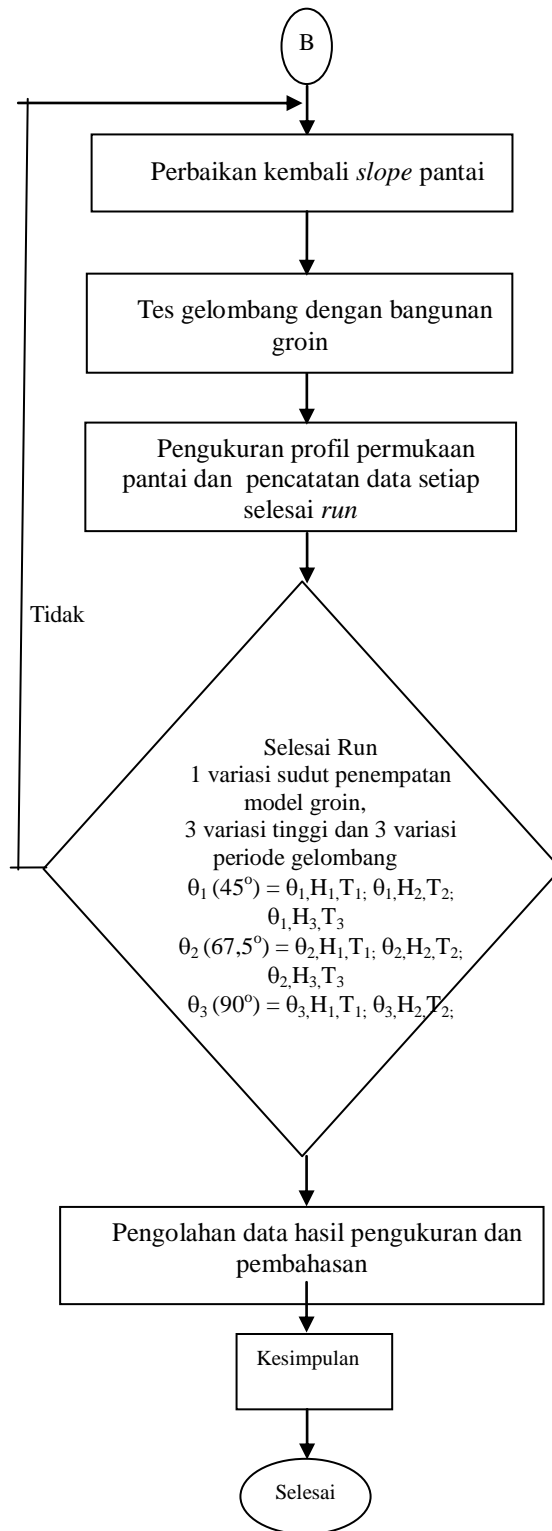
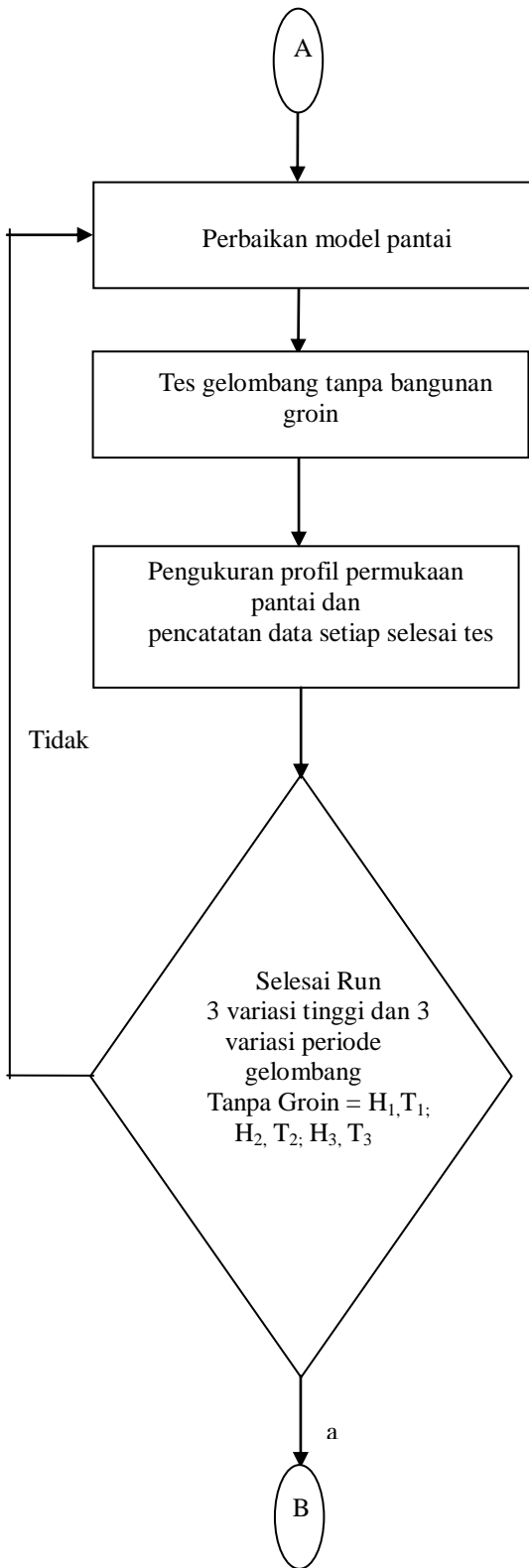
Pada model distorsi bentuk geometri antara model dan prototip tidak sama. Model ini banyak dipakai apabila prototip mempunyai dimensi horizontal jauh lebih besar dari dimensi vertikal seperti sungai, pelabuhan, dan sebagainya.

2. Model tak distorsi

Pada model tak distorsi bentuk geometri antara model dan prototip adalah sama, tetapi memiliki ukuran yang berbeda dengan suatu perbandingan skala tertentu.

METODOLOGI PENELITIAN





HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Profil Pantai

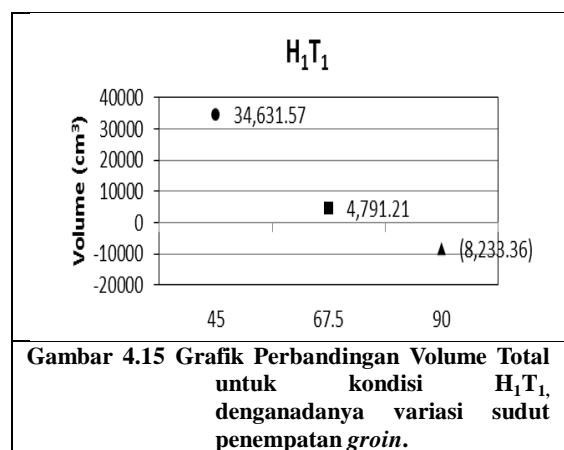
Hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan adalah perubahan profil pantai, volume sedimen, dan erosi. Parameter yang mempengaruhi perubahan profil pantai adalah tinggi gelombang ($H_1 = 9$ cm, $H_2 = 6$ cm, $H_3 = 3$ cm), periode gelombang ($T_1 = 1,28$ dt, $T_2 = 1,49$ dt, $T_3 = 1,67$ dt) dan sudut penempatan groin ($\theta_1 = 45^\circ$, $\theta_2 = 67,5^\circ$, $\theta_3 = 90^\circ$). Perubahan profil pantai ditampilkan dalam bentuk peta kontur 2D yang meliputi kontur model pantai sebelum ada groin dan setelah ada groin. Grafik perubahan profil pantai diambil per pias, pias yang diambil sebagai contoh adalah Pias I yakni pias $x = 40$ cm, Pias II yakni pias $x = 220$, dan Pias III yakni pias $x = 460$. Hasil analisis ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik yang ditampilkan memiliki simbol-simbol dimana SWL (Still Water Level) adalah profil muka air, dan Tanpa Groin adalah profil tanpa adanya bangunan Groin. $G45H_1T_1$ adalah singkatan yang menunjukkan bahwa Groin dengan sudut 45° , tinggi gelombang H_1 , dan periode gelombang T_1 .

Perhitungan Volume Total

Perhitungan volume total dilakukan setelah pengukuran pantai untuk setiap variasi dan kondisi. Untuk menghitung volume total ini digunakan program *surfer*. Berdasarkan hasil dari tabel perhitungan volume erosi dan sedimentasi dapat dilihat pengaruh perbedaan sudut penempatan groin terhadap erosi dan sedimentasi.

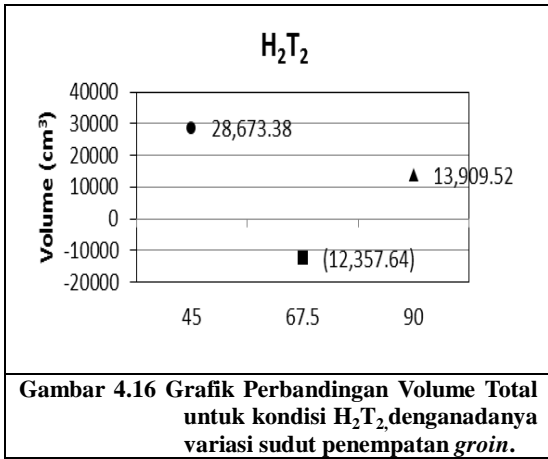
Volume sedimentasi dan erosi pada kondisi H_1T_1

Volume total yang terjadi pada kondisi tinggi gelombang $H_1 = 9$ cm dan $T_1 = 1,28$ dt. Volume tertinggi terjadi pada sudut perletakan groin 45° yaitu sebesar $34.631,57$ cm^3 . Volume terendah terjadi pada sudut 90° sebesar $-8.233,36$ cm^3 . Seperti yang terlihat pada gambar 4.15



Volume sedimentasi dan erosi pada kondisi H_2T_2

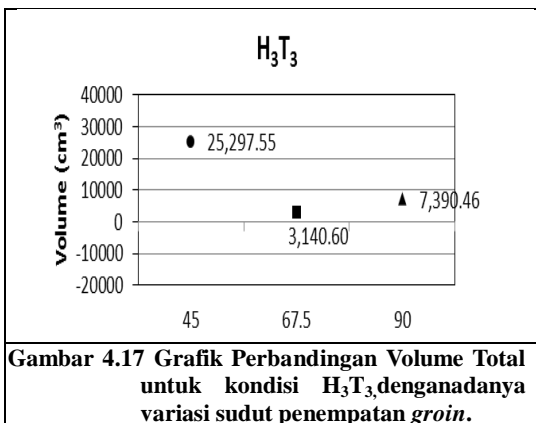
Gambar 4.16 menunjukkan Volume total yang terjadi pada kondisi tinggi gelombang $H_2 = 6$ cm dan $T_2 = 1,49$ dt. Volume tertinggi terjadi pada sudut perletakan groin 45° yaitu sebesar $28.673,38$ cm^3 . Volume terendah terjadi pada sudut $67,5^\circ$ sebesar $-12.357,64$ cm^3 .



Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Volume Total untuk kondisi H_2T_2 dengan adanya variasi sudut penempatan *groin*.

Volume sedimentasi dan erosi pada kondisi H_3T_3

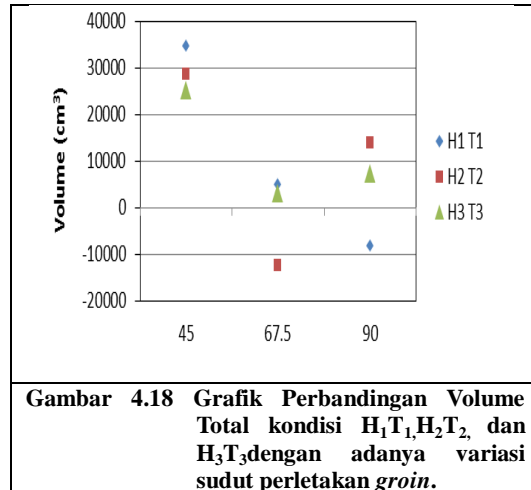
Gambar 4.17 menunjukkan Volume total yang terjadi pada kondisi tinggi gelombang $H_3 = 3$ cm dan $T_3 = 1,67$ dt. Volume tertinggi terjadi pada sudut perletakan *groin* 45° yaitu sebesar $25.297,55 \text{ cm}^3$. Volume terendah terjadi pada sudut $67,5^\circ$ sebesar $3.140,60 \text{ cm}^3$.



Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Volume Total untuk kondisi H_3T_3 dengan adanya variasi sudut penempatan *groin*.

Perbandingan Volume Total untuk Semua Kondisi

Grafik perbandingan volume total dengan adanya bangunan *groin* dapat dilihat pada Gambar 4.18

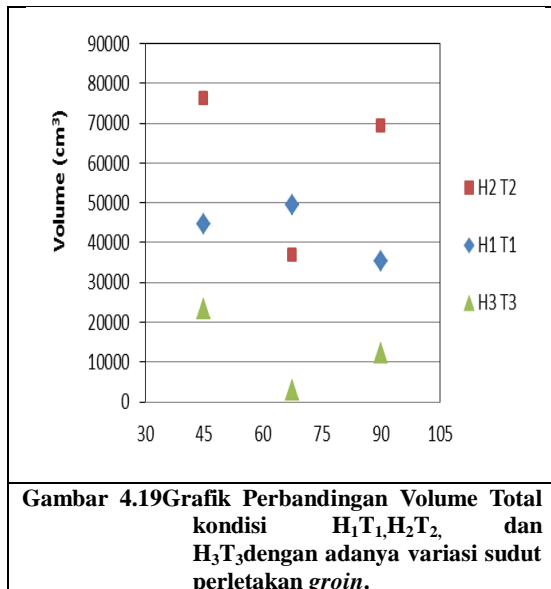


Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Volume Total kondisi H_1T_1, H_2T_2 , dan H_3T_3 dengan adanya variasi sudut perletakan *groin*.

Gambar 4.18 menunjukkan volume total terbesar untuk semua kondisi terjadi pada sudut 45° yakni sebesar $34.631,57 \text{ cm}^3$, $28.673,38 \text{ cm}^3$, dan $25.297,55 \text{ cm}^3$. Untuk volume total terendah sendiri tidak terjadi hanya untuk satu sudut perletakan seperti pada volume tertinggi, dimana pada sudut $67,5^\circ$ menghasilkan volume terendah pada kondisi H_2T_2 dan H_3T_3 . Pada kondisi H_1T_1 sudut 90° yang menghasilkan volume terendah. Pada sudut perletakan 45° memperlihatkan bangunan tersebut lebih efektif menghasilkan volume total dibandingkan dengan bangunan dengan perletakan sudut yang lain.

Perbandingan Volume Total untuk Semua Kondisi Penelitian Tursina

Grafik perbandingan volume total dengan adanya bangunan *groin* dapat dilihat pada Gambar 4.19



Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Volume Total kondisi H₁T₁, H₂T₂, dan H₃T₃ dengan adanya variasi sudut perletakan *groin*.

Gambar 4.19 menunjukkan volume total untuk masing-masing kondisi adalah pada kondisi H₁T₁ sedimentasi terbesar terjadi pada sudut 63° yaitu 49.344,33 cm³, sedimentasi terbesar H₂T₂ terjadi pada sudut 45° yakni sebesar 76.194,12cm³ dan H₃T₃ terjadi pada sudut 45° sebesar 23.190,22 cm³.

Secara garis besar berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (Tursina, 2012) dengan sudut datang gelombang $\alpha = 0^\circ$ dengan penelitian ini yang mana sudut datang gelombangnya $\alpha = 11,31^\circ$, didapat satu kesimpulan bahwa sudut perletakan 45° memperlihatkan bangunan lebih efektif memberikan pengaruh terbesar terhadap perubahan profil pantai dan menghasilkan volume lebih besar

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tinggi gelombang (H), periode gelombang (T) dan sudut penempatan groin (θ) sangat berpengaruh pada besaran terjadinya erosi dan sedimentasi pada daerah pantai.
2. Gelombang H₁ = 9 cm dan T₁ = 1,28 dt menghasilkan jarak gelombang pecah 260 cm, gelombang H₂ = 6 cm dan T₂ = 1,49 dt menghasilkan jarak gelombang pecah 190 cm dan gelombang H₃ = 3 cm dan T₃ = 1,67 dt menghasilkan jarak gelombang pecah 150 cm yang diukur dari garis pantai.
3. Tinggi gelombang yang dibangkitkan mempengaruhi transpor sedimen yang berasal dari arah laut. Gelombang yang lebih kecil lebih banyak membawa material pasir ke arah darat.
4. Pada perhitungan erosi dan sedimentasi H₁ = 9 cm sedimentasi terbesar terjadi pada sudut 45° yaitu 34.631,57 cm³, sedimentasi terbesar pada H₂ = 6 cm terjadi pada sudut 45° adalah 28.673,38 cm³ dan H₃ = 3 cm terjadi pada sudut 45° sebesar 25.297,55 cm³. Dengan demikian untuk semua kondisi terhadap tinggi dan periode gelombang di dapat volume total terbesar terjadi pada sudut perletakan 45°
5. Groin berpori tipe gerigi dengan sudut penempatan 45° lebih efektif dalam menahan sedimen *onshore offshore*. Sedimen terangkut ke arah pantai lebih banyak karena selain terbawa gelombang, sedimen juga melewati lubang pada groin. Sedimen yang terbawa kembali ke laut tertahan dengan groin.

Saran

Dari penelitian yang dilakukan, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan kajian dengan porositas yang lebih besar.
2. Peneliti dalam melakukan penelitian menggunakan grid 20 x 20 cm yang mana dianggap masih kasar. Disarankan untuk yang akan datang bila ingin melanjutkan penelitian ini dapat menambah grid perhitungan dan lebih rapatkan grid perhitungan tersebut dengan menyesuaikan grid dengan posisi bangunan.
3. Perlu dilakukan penelitian dengan arah pergerakan sedimen sejajar pantai dan dengan simulasi numerik.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Ajiwibowo, H., 2006, Metode Eksperimen Laboratorium, program studi Teknik Kelautan, Penerbit ITB, Bandung
- Balsillie, J. H. & D.W. Berg, 1972, "State of Groin Design and Effectiveness", Coastal Engineering Research Centre, Chapter 75, halaman 1367-1383.
- Basco, D.B., 2006, *Shore Protection Projects*, Department of Civil Engineering, Old Dominion University, Norfolk – Virginia.
- Dette, H. H, et al, 2004, "Permeable Pile Groin Fields", Journal of Coastal Research, S1 33, halaman 145-159.
- Dhani, A.R. dan Tarigan, A.P.M., 2007, Teknik Pantai, *Catatan dan Bahan Kuliah*, <http://www.scribd.com/doc/34873548/>
- [BANGUNAN-PELINDUNG PANTAI.](#)
- Goda, Y., 1992, *Hydraulic model tests on wave actions*, PHRI, Ministry of Transport, JICA, Yokohama.
- Mahdani, 2008, *Uji Model Fisik Struktur Pemecah Gelombang Bawah Permukaan Air Konstruksi Hexaleg*, Thesis, Universitas Syiah Kuala, Darussalam – Banda Aceh.
- Mustaghfiri, 2010, *Kajian Model Fisik Pemecah Gelombang Setengah Lingkaran Berlubang (Semicircular Breakwater Perforation) Terhadap Transmisi Gelombang dengan Porositas yang Bervariasi*, Proposal Thesis, Universitas Syiah Kuala, Darussalam – Banda Aceh.
- Otay, E. N., et al, 1995, *Shorelines Changes in The Vicinity of a Permeable Groin*, Istanbul, Turkey.
- Özölçer, I.H. dan M.I Kömürcü, 2007, " Effects of Groin Parameters on Amount of Accretion", Indian Journal of Marine Sciences, Vol 36(3), hal.173–174.
- Triatmodjo, B., 1999, *Teknik Pantai*, Edisi Kedua, Penerbit Beta Offset, Yogyakarta.
- Wallingford, HR, 2002, " Application of Timber Groynes in Coastal Engineering", Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology.
- <http://www.surfer-10-64.software.informer.com>, 2015