

PENGARUH POROSITAS DINDING CAISSON TERHADAP GAYA SERET GELOMBANG

Kasmawati¹, Indriyanti², Fauziah Latif³

¹Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar

Email : kasma08@unismuh.ac.id

²Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar

Email: indriyanti.azis@gmail.com

³Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar

Email: Fauziahlatif574@gmail.com

Abstrak

Struktur-struktur yang dibebani oleh gelombang laut perlu dilakukan analisa dengan cermat, terutama pada saat terjadinya respons struktur yang didominasi oleh interaksi antara struktur dengan fluida di sekelilingnya. Interaksi struktur dengan fluida tersebut dimanifestasikan oleh munculnya massa tambahan (*added mass*) dalam dinamika responsnya. Tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengkaji pengaruh lubang pori dinding Caisson terhadap gaya seret gelombang struktur. Dari penelitian ini didapatkan bahwa besarnya gaya seret yang terjadi pada suatu struktur dipengaruhi oleh luasnya penampang yang diterpa gelombang, hal ini disebabkan karena disipasi gelombang yang dipantulkan lebih kecil. Selain itu, gaya seret juga dipengaruhi oleh tinggi gelombang dan kedalaman air.

Kata Kunci : Caisson, Gaya Seret, dan Gelombang.

Abstract

Structures that are loaded by sea waves need to be analyzed carefully, especially when the structural response occurs which is dominated by the interaction between the structure and the fluid around it. The interaction of the structure with the fluid is manifested by the appearance of additional mass (*added mass*) in the dynamics of the response. The purpose of this research is to examine the effect of Caisson pore holes on the drag force of structural waves. From this study, it was found that the magnitude of the drag force that occurs in a structure is influenced by the area of the cross-section that is hit by the wave, this is because the reflected wave dissipation is smaller. In addition, drag force is also influenced by wave height and water depth.

Keywords: Caisson, Drag, and Wave.

PENDAHULUAN

Interaksi antara struktur dengan fluida dalam pembebanan gelombang dapat dirumuskan melalui persamaan Gaya Morison, yaitu dalam bentuk penjumlahan gaya inersia dan gaya seret.

Untuk menentukan suatu model struktur yang baru maka hal yang perlu diperhatikan adalah efektifitas dan

keefisienan dari struktur tersebut, baik dari sisi pembuatan model maupun dari sisi biaya. Oleh karena itu, kami akan membuat suatu model struktur yaitu “Model Caisson” dengan memberikan beberapa variasi perforasi pada dinding Caisson tersebut. Dengan demikian gaya gelombang yang mengenai struktur dapat berkurang akibat berkurangnya luasan struktur. Penelitian

ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lubang pori dinding caisson terhadap gaya seret gelombang.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Karakteristik Gelombang

Gelombang adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/ grafik sinusoidal. Salah satunya gelombang laut yang disebabkan oleh angin, angin di atas lautan mentransfer energinya ke perairan, menyebabkan riak-riak, alun/bukit, dan berubah menjadi apa yang kita sebut sebagai gelombang.

Gelombang di laut dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh angin di permukaan laut, gelombang pasang surut yang dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi (vulkanik) atau gempa di laut (tektonik), maupun gelombang yang disebabkan oleh kapal bergerak, dan sebagainya.

Pada kondisi sesungguhnya di alam, pergerakan orbital di perairan dangkal

(shallow water) dekat dengan kawasan pantai. Sehingga, dapat dibayangkan bagaimana energi gelombang mampu mempengaruhi kondisi pantai. Simulasi pergerakan partikel air saat penjalaran gelombang menuju pantai ketinggian dan periode gelombang tergantung kepada panjang fetch pembangkitannya. Fetch adalah jarak perjalanan tempuh gelombang dari awal pembangkitannya. Fetch ini dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Semakin panjang jarak fetchnya, ketinggian gelombangnya akan semakin besar. Angin juga mempunyai pengaruh yang penting pada ketinggian gelombang. Angin yang lebih kuat akan menghasilkan gelombang yang lebih besar.

Gelombang yang menjalar dari laut dalam (deep water) menuju ke pantai akan mengalami perubahan bentuk karena adanya perubahan kedalaman laut. Apabila gelombang bergerak mendekati pantai, pergerakan gelombang di bagian bawah yang berbatasan dengan dasar laut akan melambat. Ini adalah akibat dari friksi/ gesekan antara air dan dasar pantai. Sementara itu, bagian atas gelombang di permukaan air akan terus melaju. Semakin menuju ke pantai, puncak

gelombang akan semakin tajam dan lembahnya akan semakin datar. Fenomena ini yang menyebabkan gelombang tersebut kemudian pecah.

Gaya Seret Gelombang

Pembebanan struktur yang diakibatkan oleh gelombang merupakan hasil dari daerah tekanan yang dihasilkan oleh gelombang. Beberapa mekanisme terpisah telah diidentifikasi dalam kejadian tersebut.

Terdapat komponen gaya seret yang bersesuaian dengan daerah terpaan dari badan struktur dan kuadrat kecepatan arus. Hal ini muncul dari gangguan arus akibat dari badan struktur. Gaya inersia terdiri dari dua komponen, yaitu gaya yang seharusnya bekerja pada massa air yang telah digantikan oleh badan struktur atau gaya Froude-Krylof, dan gaya yang bekerja pada massa air yang ditahan oleh badan struktur atau disebut gaya massa tambahan. Beberapa factor yang mempengaruhi gaya seret adalah koefisien (C_D), ukuran dari elemen (A).

Banyak bukti eksperimen telah menunjukkan nilai dari koefisien drag tidak tetap dan berubah mengikuti diameter elemen yang digunakan. Hal

ini ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Nilai koefisien drag berdasarkan diameter elemen

meter (inch)	Koefisien seret	
	Normal	Tangensial
12,0	0,61	0,0
24,0	0,665	0,0
48,0	0,720	0,0
72,0	0,756	0,0
96,0	0,781	0,0
120,0	0,779	0,0

Gaya pada tiang silinder tegak pertama kali diperkenalkan oleh Morison dengan batasan diameter yang relatif kecil dibandingkan panjang gelombang yang menerpa tiang.

Gaya gelombang pada silinder dapat dihitung dengan tiga cara yaitu menggunakan persamaan Morison, teori Froude-Krylov dan teori difraksi. Persamaan Morison mengasumsikan gaya gelombang terdiri dari gaya inersia dan gaya seret yang dijumlahkan secara linier. Bentuk umum persamaan tersebut sebagai berikut:

$$dF = dF_d + dF_I \dots \dots \dots (1)$$

$$dF = C_d \rho A u |u| + C_M \rho V \frac{Du}{Dt}$$

Dengan :

- ρ = kerapatan massa fluida
- C_d = koefisien seret
- D = diameter tiang

U = kecepatan partikel zat cair

C_m = koefisien inersia

A = luas penampang benda tegak lurus arah gelombang

V = volume benda yang tercelup pada zat cair

Koefisien gaya seret (*C_D*) dan koefisien gaya inersia (*C_M*) diperoleh melalui percobaan dengan mengukur gaya, kecepatan dan percepatan partikel air. Atau bisa juga dengan mengukur gaya dan fluktuasi muka air, sedangkan kecepatan dan percepatan partikel air diperoleh melalui perhitungan menggunakan teori gelombang yang sesuai.

Penentuan koefisien gaya seret merupakan permasalahan yang kompleks, terutama dari data di laboratorium. Koefisien seret dapat ditentukan dengan beberapa pendekatan. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan menghubungkan besarnya gaya terukur dengan kinematika partikel air pada saat puncak gelombang tepat berada pada benda yang diteliti, dimana kecepatan partikel air mencapai nilai maksimum, sehingga *C_D* dapat dihitung dengan persamaan (White, 1979).

$$C_D = \frac{F}{\frac{1}{2}\rho u^2 A} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan:

F = gaya terukur

ρ = rapat massa zat cair

U = kecepatan partikel zat cair

A = luas proyeksi benda tegak lurus terhadap arah gelombang

Dan selanjutnya untuk menghitung kecepatan partikel air untuk gelombang di laut dangkal (Dawson, 1983 dalam Sabaruddin Rahman). Maka digunakan formula sebagai berikut:

$$u = \left(\frac{g}{d}\right)^{1/2} \eta \dots\dots\dots (3)$$

Dengan:

g = percepatan gravitasi bumi

d = kedalaman air

η = fluktuasi muka air

Struktur Caisson

Caisson adalah konstruksi yang berupa kotak dari beton bertulang yang dapat terapung di laut. Pengangkutan ke lokasi dilakukan dengan pengapungan dan menariknya. Setelah sampai di tempat yang dikehendaki kotak ini diturunkan ke dasar laut dan kemudian diisi dengan beton atau batu.

Karena kemampuannya dalam menyerap energi gelombang dan

stabilitas yang tinggi terhadap gelombang, tipe kaison tersebut dimanfaatkan dan diadopsi sebagai *seawall* dan *breakwater*. Meskipun pada awalnya *perforated wall caisson* (kaison dinding berpori) ditujukan untuk laut yang relatif tenang, pada tahap selanjutnya sudah dimanfaatkan untuk laut terbuka (Takahashi, 1996).

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Riset Teknik Pantai Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, dengan waktu penelitian selama 2 bulan.

Jenis Penelitian dan Sumber Data

Jenis penelitian yang digunakan adalah Eksperimental, dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti dengan mengacu pada literatur-literatur yang berkaitan dengan penelitian tersebut, serta adanya kontrol, dengan tujuan untuk menyelidiki ada-tidaknya hubungan sebab akibat serta berapa besar hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental dan menyediakan kontrol untuk perbandingan.

Prosedur Simulasi Model

Secara garis besar prosedur

perolehan data adalah sebagai berikut:

1. Percobaan pembangkitan gelombang dilakukan untuk melakukan kalibrasi alat pencatatan tinggi gelombang.
2. Struktur Caisson yang digunakan sebagai model penelitian ditempatkan pada flume.
3. Setelah semua komponen siap, pelaksanaan pengamatan dimulai dengan membangkitkan gelombang dengan menekan tombol star pada kontrol pembangkit
4. Tinggi gelombang maksimal dan minimum di model diukur dan dicatat pada masing-masing 9 titik.
5. Besarnya/jauhnya pergeseran struktur caisson setelah terjadi hantaman gelombang diukur dan dicatat.
6. Kemudian prosedur 1 sampai 5 dilanjutkan secara berulang pada model lain untuk masing-masing model, dengan variasi diameter lubang dan jarak

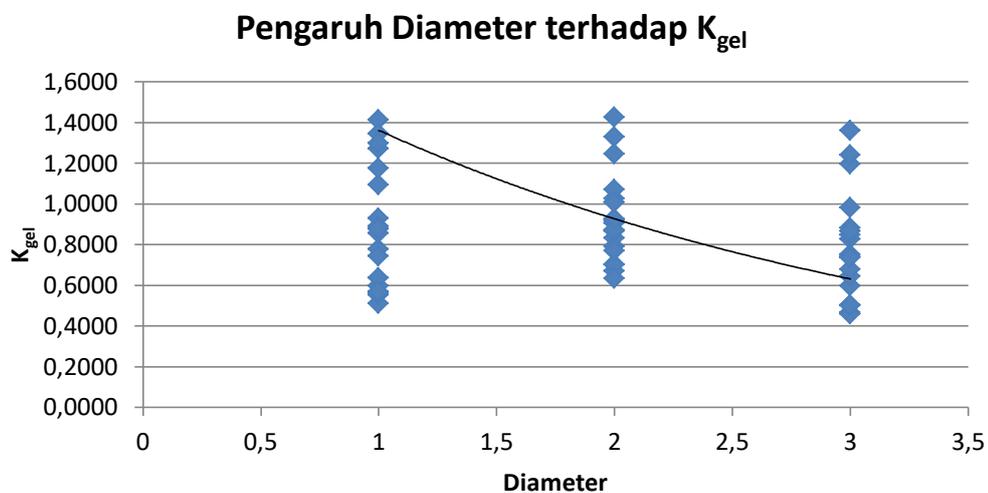
antar lubang, stroke untuk tinggi gelombang, *fully* untuk periode gelombang dan variasi model.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh Diameter Lubang Terhadap Koefisien Gaya Gelombang

Pada kajian ini akan ditunjukkan

pengaruh Diameter Lubang (Porositas) pada setiap model terhadap koefisien gaya gelombang. Tabel hasil perhitungan koefisien gaya gelombang dapat dilihat pada lampiran. Pengaruh diameter terhadap koefisien gaya gelombang diplot dalam grafik yang ditampilkan pada gambar 1 sebagai berikut.



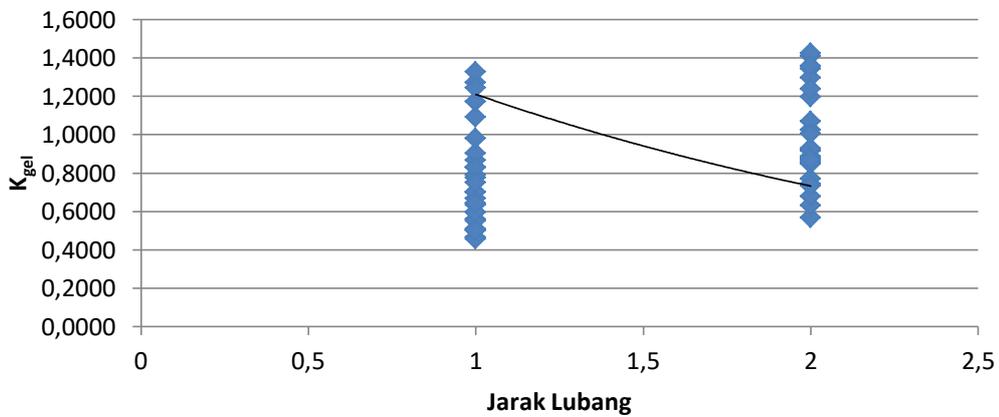
Gambar 1. Pengaruh diameter terhadap koefisien gaya gelombang

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa nilai koefisien gaya gelombang berbanding terbalik terhadap diameter pori model. Model dengan diameter yang besar nilai angka koefisien gayanya relatif kecil.

2. Pengaruh Jarak Lubang terhadap Koefisien Gaya Gelombang

Jarak antar lubang pada model struktur berpengaruh terhadap koefisien gaya gelombang diplot dalam bentuk grafik yang ditampilkan pada gambar 2 berikut ini.

Pengaruh Jarak Lubang terhadap K_{gel}

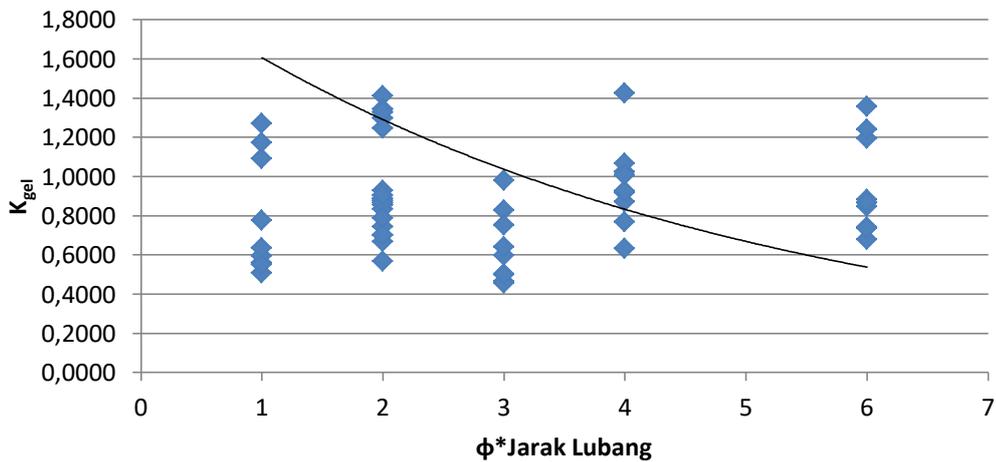


Gambar 2. Pengaruh Jarak Lubang terhadap Koefisien Gaya Gelombang

Gambar 2 di atas menjelaskan bahwa jarak Lubang pada model struktur penelitian yaitu berbanding lurus terhadap nilai koefisien gaya gelombang. Hal ini terjadi karena

gelombang datang yang menerpa model lebih besar pada model yang jarak lubangnya besar karena luas penampangnya juga besar sehingga gelombang yang terdispersi relatif kecil.

Pengaruh ϕ * Jarak Lubang terhadap K_{gel}



Gambar 3. Pengaruh ϕ *Jarak terhadap koefisien gaya gelombang

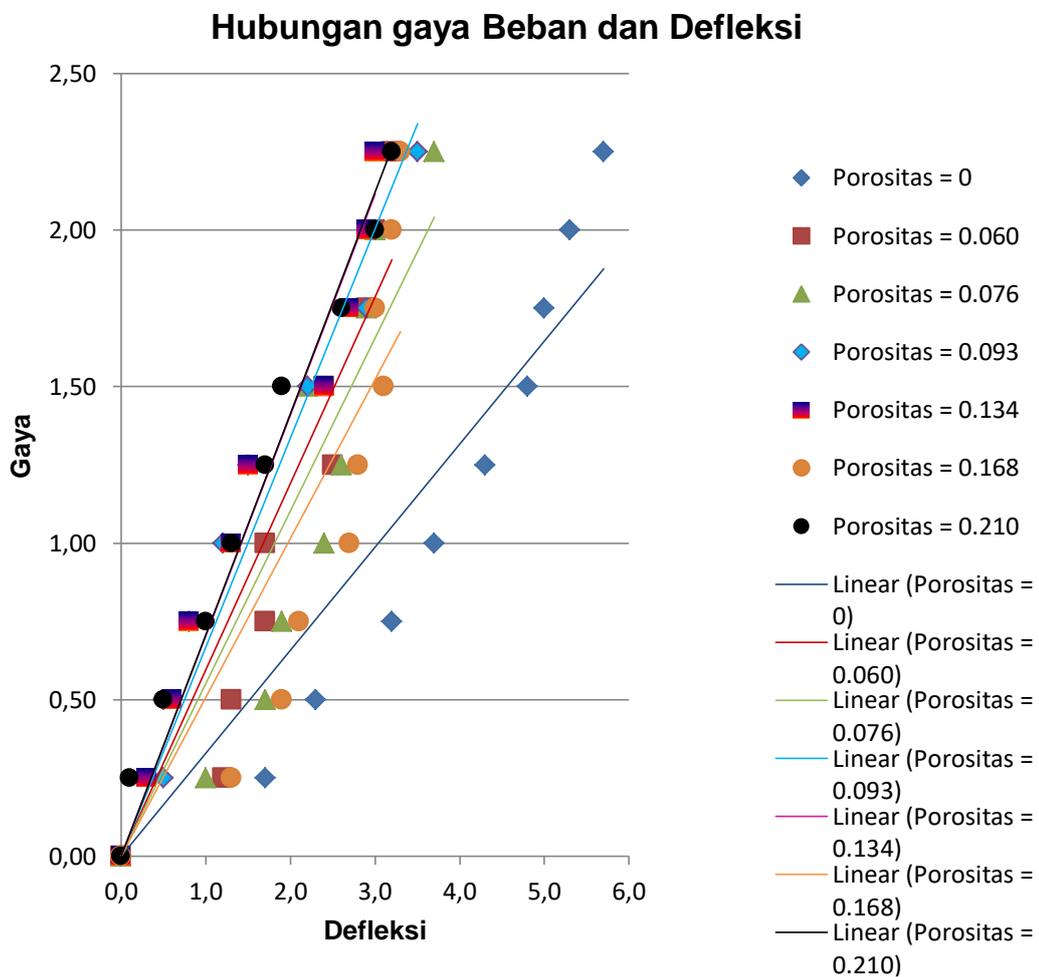
3. Gaya Gelombang

Untuk mengetahui besarnya

gaya yang terjadi pada struktur, maka dilakukan kajian pengaruh antara porositas model terhadap besarnya gaya

terjadi. Untuk mengkaji pengaruh ini digunakan simulasi model dengan diameter lubang dan jarak lubang yang berbeda. Kemudian dihitung dengan membandingkan antara besarnya gaya penelitian menggunakan beban dengan gaya penelitian menggunakan gelombang. Hasil perhitungan gaya

gelombang ($F_{Gel.}$) secara lengkap dapat dilihat pada . Masing-masing gaya diplot dalam bentuk grafik hubungan gaya beban (F_{beban}) dengan besarnya defleksi (def) dan hubungan gaya gelombang ($F_{Gel.}$) dengan porositas model Gambar 4 dan Gambar 5.

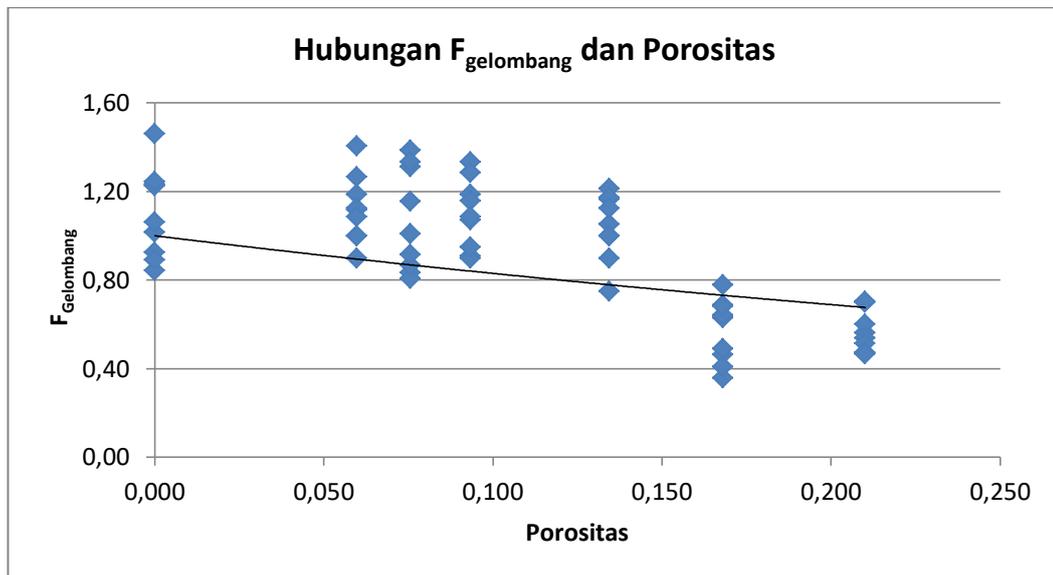


Gambar 3. Hubungan gaya beban dengan defleksi pada model

Berdasarkan gambar 3 gaya yang bekerja pada beban akan berbanding lurus dengan defleksi atau

pergeseran pada struktur, semakin besar gaya pada struktur maka defleksinya akan besar. Hal ini disebabkan karena

bergesernya suatu struktur dipengaruhi gaya yang bekerja pada struktur.



Gambar 4. Pengaruh gaya gelombang terhadap porositas

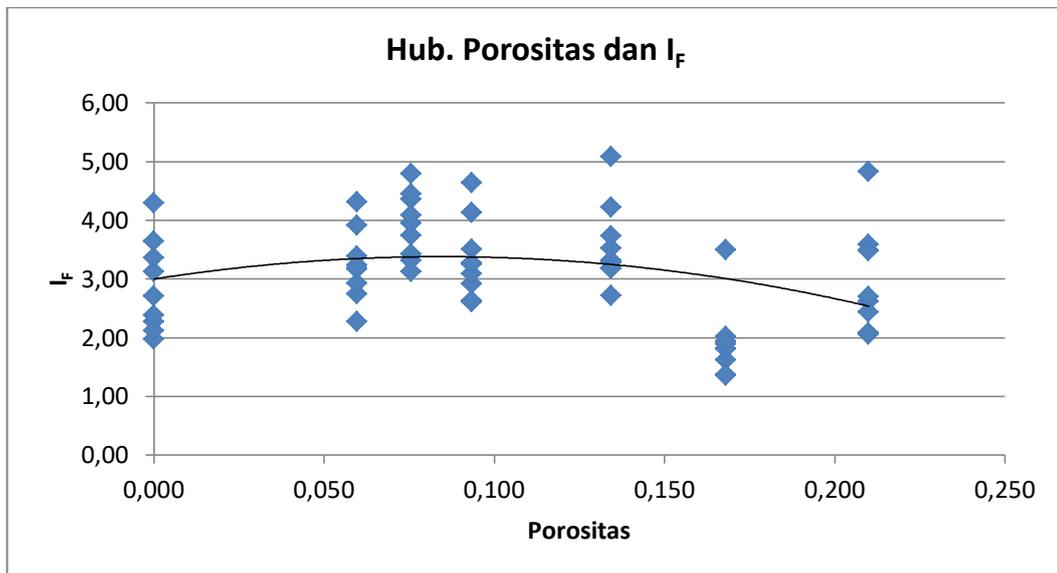
Berdasarkan gambar 4 kecenderungan nilai gaya gelombang ($F_{Gel.}$) semakin turun dengan semakin meningkatnya nilai porositas pada struktur. Hal ini disebabkan karena pada struktur dengan porositas yang lebih besar, gaya gelombang datang berkurang ketika gelombang sampai pada struktur pantai. Dengan porositas yang terdapat pada dinding struktur menimbulkan disipasi sehingga gaya gelombang yang dipantulkan lebih kecil.

4. Gaya Seret Gelombang

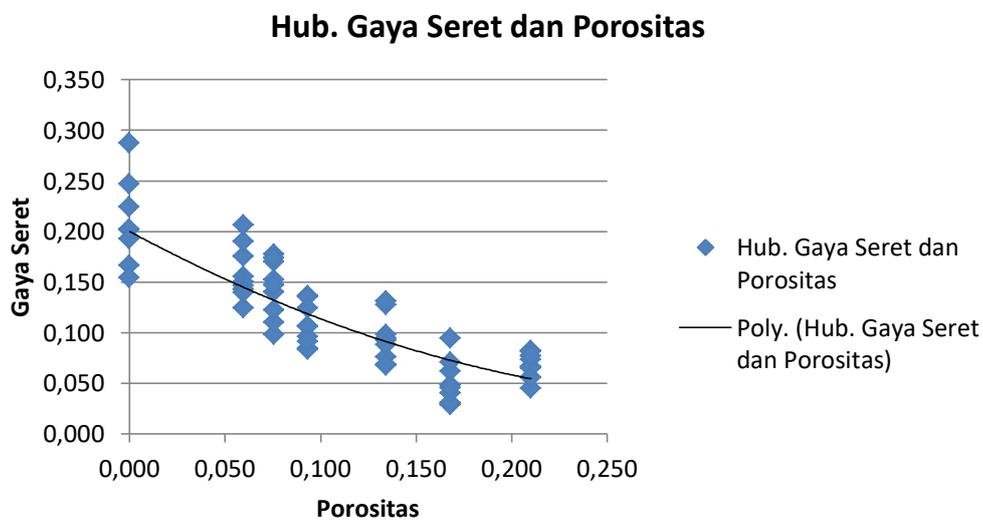
Pembebanan struktur yang diakibatkan oleh gelombang merupakan hasil dari daerah tekanan yang

dihasilkan oleh gelombang. Beberapa mekanisme terpisah telah diidentifikasi dalam kejadian tersebut. Untuk menentukan gaya seret pada struktur, maka yang perlu diketahui lebih dahulu adalah nilai koefisien seret dari struktur tersebut. Nilai koefisien seret dihitung dengan membandingkan antara nilai gaya penelitian (F_{gel}) dengan nilai gelombang teoritis ($F_{teoritis}$). Nilai koefisien seret (I_F) dapat dilihat pada lampiran. Setelah itu, kita dapat menghitung nilai gaya seret yang terjadi pada masing-masing struktur. Hasil analisa hubungan antara nilai I_F dengan porositas dan nilai gaya seret terhadap

porositas yang dapat dilihat pada dalam bentuk grafik sebagai berikut. gambar 4 dan gambar 5 yang disajikan



Gambar 4. Pengaruh nilai I_F terhadap porositas model



Gambar 5. Pengaruh Porositas terhadap Gaya Seret.

Hasil analisa gaya seret yang ditampilkan pada gambar di atas dapat dijelaskan bahwa besarnya gaya seret yang terjadi pada suatu struktur dipengaruhi oleh luasnya penampang yang diterpa gelombang, hal ini disebabkan karena disipasi gelombang yang dipantulkan lebih kecil. Selain itu,

gaya seret juga dipengaruhi oleh tinggi gelombang dan kedalaman air.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari analisa di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar pori pada bidang model maka nilai gaya seret lebih kecil dalam hal ini bahwa nilai porositas berbanding terbalik dengan nilai gaya seret.

Saran

Karena penelitian yang kami lakukan masih menggunakan pencatatan nilai gelombang secara manual, maka kami sarankan untuk menggunakan Pencatat otomatis dapat menghasilkan data deret gelombang selama percobaan, sehingga efek refleksi dapat diketahui lebih jelas dibanding pengamatan manual.

DAFTAR PUSTAKA

Carter J., 2000, *Community Based Coastal Rehabilitation, A Case Study at Pantai Tokke-Tokke, South Sulawesi, Indonesia, Canora (Asia) Incorporated, Montreal.*

Dean, R. G. a. Dalrymple, 1984, *Water Waves Mechanics for Engineer and Scientist, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.*

Dirgayusa IG. N. P., 1997. *Transmisi Gelombang Melalui Pemecah Gelombang Susunan Pipa Horisontal, Thesis, Program*

Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Fatnanta, F. dkk. 2011. *Perilaku Deformasi Pemecah Gelombang Kantong Pasir Tipe Tenggelam. Jurnal Teknik Sipil. Vol 18. No. 2.*

Firmansyah, S. G. dkk. 2012. *Stabilitas Pandasi pada Vertical Breakwater dengan Variasi Lebar dan Konfigurasi Kantong Pasir. Jurnal Teknik Pomits. Vol. 1, No. 1.*

Goda Y, 1985, *Random Seas and Design of Maritime Structure. Advance Series on Ocean Engineering-Volume 15. University of Tokyo Press, Tokyo, Japan.*

Mogridge, G. R. and Jamienson, W. W. 1976, *Wave Force on Square Caissons. Coastal Engineering Chapter 133.*

Murali dan Mani, 1997, *Performance of Cage Floating Breakwater, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, ASCE., Vol.123, No.4.*

Nizam, 1987, *Refleksi dan Transmisi Gelombang pada Pemecah Gelombang Bawah Air, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.*

Nurhasanah, A. dkk. 2010. *Gaya Gelombang Tsunami pada Bangunan Berpenghalang. PIT HATHI XXVII, Surabaya, 29-1 Agustus.*

Rahman Matiur. 1995, *Water Waves. Relating Modern Theory to Advanced Engineering Practice. Departement of Aplied*

Mathematics, Technical
University of Nova Scotia.

Rahman, S. 2008. Koefisien Seret
Gaya Gelombang pada APO
dengan Tambahan Gedhek.
Media Teknik Sipil : 91.

Tanimoto, K. dkk. 1992. Fiel don a Dual
Cylindrical Caisson Breakwater.
Coastal Engineering Chapter
124.

Triatmodjo, B. 1999, Teknik Pantai.
Beta Offset, Yogyakarta.