

Jurnal TEKNIK SIPIL

Angelina Eva Lianasari

Yosafat Aji Pranata,
Leny Elvira

Agustinus Wahjono

Alfian

Rudi Waluyo,
Andre Antononi

Budiman Soamole,
Benidiktus Susanto

Ferry Fatnanta

Yohanna Lilis Handayani,
Andy Hendri,
Arief Aditya

Potensi Batu Bauksit Pulau Bintang
Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton

Analisis Kegagalan Struktur Bangunan
Rumah Tinggal Dengan Metode Elemen
Hingga Linier

Pengaruh Fiber Bendrat Terhadap Kuat Geser
Balok Beton Bertulang Dengan Senggang

Analisa Sensitivitas Pertumbuhan
Lalu lintas dan Probabilitas Risiko
Pada Pembangunan Jalan Tol
Kategori *Priority Project*

Faktor-faktor Penentu Keberhasilan
Pelaksanaan Proyek Perumahan
Berdasarkan Mutu, Biaya dan Waktu

Analisis Persepsi Penumpang
Terhadap Kualitas Pelayanan
Angkutan Laut Di Pelabuhan Regional Sanana
Kab. Kepulauan Sula, Prop. Maluku Utara

Permodelan Koefisien Gelombang Transmisi
Pada Pemecah Gelombang Kantong Pasir
Tipe Tenggelam

Analisa Hujan Rancangan *Partial Series*
Dengan Berbagai Panjang Data
dan Kala Ulang Hujan

Jurnal **TEKNIK SIPIL**

Volume 12 Nomor 3, Oktober 2013

ISSN 1411-660X

Jurnal Teknik Sipil adalah wadah informasi bidang Teknik Sipil berupa hasil penelitian, studi kepustakaan maupun tulisan ilmiah terkait. Terbit pertama kali Oktober tahun 2000 dengan frekuensi terbit dua kali setahun pada bulan Oktober, April. (ISSN 1411-660X)

Pemimpin Redaksi

Agatha Padma L, S.T., M.Eng

Anggota Redaksi

Angelina Eva Lianasari, S.T., M.T.

Ir. Pranawa Widagdo, M.T.

Ferianto Raharjo, S.T., M.T.

Mitra Bebestari

Ir. A. Koesmargono, MCM, Ph.D

Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M.Eng

Dr. Ir. Imam Basuki, M.T

Ir. Peter F. Kaming, M.Eng, Ph.D

Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng, Ph.D

Tata Usaha

Hugo Priyo Nugroho

Alamat Redaksi dan Tata Usaha:

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281

Telp. (0274) 487711 (hunting) Fax (0274) 487748

Email : jurnalsipil@mail.uajy.ac.id

Redaksi menerima sumbangan artikel terpilih di bidang Teknik Sipil pada Jurnal Teknik Sipil.
Naskah yang dibuat merupakan pandangan penulis dan tidak mewakili Redaksi

Jurnal Teknik Sipil diterbitkan oleh Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Pelindung: Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Penanggung Jawab: Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jurnal TEKNIK SIPIL

Volume 12 Nomor 3, Oktober 2013

ISSN 1411-660X

Jurnal Teknik Sipil adalah wadah informasi bidang Teknik Sipil berupa hasil penelitian, studi kepustakaan maupun tulisan ilmiah terkait.

DAFTAR ISI

POTENSI BATU BAUKSIT PULAU BINTAN SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR PADA BETON <i>Angelina Eva Lianasari</i>	155-160
ANALISIS KEGAGALAN STRUKTUR BANGUNAN RUMAH TINGGAL DENGAN METODE ELEMEN HINGGA LINIER <i>Yosafat Aji Pranata, Leny Elvira</i>	161-172
PENGARUH FIBER BENDRAT TERHADAP KUAT GESER BALOK BETON BERTULANG DENGAN SENGKANG <i>Agustinus Wahjono</i>	173-180
ANALISA SENSITIVITAS PERTUMBUHAN LALU LINTAS DAN PROBABILITAS RISIKO PADA PEMBANGUNAN JALAN TOL KATEGORI <i>PRIORITY PROJECT</i> <i>Alfian</i>	181-191
FAKTOR-FAKTOR PENENTU KEBERHASILAN PELAKSANAAN PROYEK PERUMAHAN BERDASARKAN MUTU, BIAYA DAN WAKTU <i>Rudi Waluyo, Andre Antononi</i>	192-201
ANALISIS PERSEPSI PENUMPANG TERHADAP KUALITAS PELAYANAN ANGKUTAN LAUT DI PELABUHAN REGIONAL SANANA KAB. KEPULAUAN SULA, PROP. MALUKU UTARA <i>Budiman Soamole, Benidiktus Susanto</i>	202-209
PERMODELAN KOEFISIEN GELOMBANG TRANSMISI PADA PEMECAH GELOMBANG KANTONG PASIR TIPE TENGGELAM <i>Ferry Fatnanta</i>	210-220
ANALISA HUJAN RANCANGAN <i>PARTIAL SERIES</i> DENGAN BERBAGAI PANJANG DATA DAN KALA ULANG HUJAN <i>Yohanna Lilis Handayani, Andy Hendri, Arief Aditya</i>	221-232

PERMODELAN KOEFISIEN GELOMBANG TRANSMISI PADA PEMECAH GELOMBANG KANTONG PASIR TIPE TENGGELAM

Ferry Fatnanta

Jurusan Teknik Sipil FT Universitas Riau, Kampus Binawidya

Jln. HR Subrantas Km 12 Panam Pekanbaru-Riau

e-mail: fatnanto5@yahoo.com

Abstract: There are some conditions and problems in coastal engineering that can't be solved by mathematical analysis. One of the ways to overcome these problems by using empirical equation. The physical modelling is a method to understand the hydrodynamic characteristic. The relationship between transmission waves and test variable can be modelled empirically. Since the equations are empirically, hence to realize the model is required a tool. In accordance with the relationship characteristic of the transmission waves and sandbag breakwater, in this study regression analysis were used as a tool. In the rubble mound breakwater, D_{n50} are parameters which are often defined as the independent variable. On the sandbag breakwater, D_{n50} relatively constant value. The shape and arrangement of sandbags, width crest, slope and freeboard are a parameter that can be used as the test variable. A Statistical analysis showed that the $\ln\left(\frac{1}{K_t} - 1\right)$ nonlinear model is a suitable model to describe the characteristic of wave transmission at the submerged breakwater types of sand bags

Keywords: regression analysis, the transmission of waves, the breakwater of sand bags,

Abstrak: Terdapat beberapa kondisi dan permasalahan pada teknik pantai yang tidak dapat diselesaikan dengan analisa matematika. Salah satu cara mengatasi permasalahan tersebut dengan penggunaan perumusan empiris. Model fisik merupakan metoda untuk memahami karakter hidrodinamis. Hubungan antara gelombang transmisi dan variabel pengujian dapat dimodelkan secara empiris. Untuk mewujudkan model tersebut diperlukan suatu alat (tool). Sesuai dengan karakter hubungan gelombang transmisi terhadap struktur pemecah gelombang kantong pasir, pada penelitian ini digunakan analisa regresi sebagai tool. Pada pemecah gelombang kantong pasir, nilai D_{n50} relatif konstan, sehingga variabel tersebut tidak dapat dijadikan variabel pengujian. maka bentuk dan susunan kantong, lebar puncak, kemiringan susunan dan freeboard merupakan parameter yang dapat dijadikan sebagai variabel pengujian. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa model tak linear $\ln\left(\frac{1}{K_t} - 1\right)$ merupakan model yang cocok untuk menggambarkan karakter gelombang transmisi pada pemecah gelombang kantong pasir tipe tenggelam.

Kata kunci: analisa regresi, transmisi gelombang, pemecah gelombang kantong pasir

PENDAHULUAN

Pada teknik pantai terdapat beberapa kondisi dan permasalahan yang tidak dapat diselesaikan secara analisa matematika. Kondisi tersebut antara lain, persamaan aliran non linear yang sangat kompleks, fenomena mengenai proses gelombang pecah, turbulensi atau gesekan gelombang dengan dasar pantai (Keulegan, 1966 dalam Hughes, 1993). Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah penggunaan perumusan empiris.

Secara umum terdapat dua macam hubungan antara dua variabel atau lebih, yaitu bentuk dan keeratan hubungan. Untuk mengetahui bentuk hubungan digunakan analisa regresi. Analisa regresi dipergunakan untuk menelaah hubungan antara dua variabel atau lebih, terutama untuk menelusuri pola hubungan yang modelnya belum diketahui dengan sempurna atau untuk mengetahui tingkat pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat pada suatu fenomena yang kompleks (Somantri dan Muhidin, 2006). Model hubungan tersebut memiliki dua jenis pilihan yaitu linear dan tak linear.

Pemahaman karakter hidrodinamis merupakan tujuan pengujian model fisik. Hubungan antara gelombang transmisi dengan variabel pengujian menggambarkan interaksi gelombang terhadap struktur pemecah gelombang. Sehingga hubungan antara gelombang transmisi dan variabel pengujian dapat dimodelkan secara empiris.

Karena dimodelkan secara empiris, maka untuk menggambarkan hubungan antara variabel terikat dengan variabel bebas diperlukan suatu *tool*. Tujuan penggunaan *tool* tersebut untuk membuat persamaan model karakter gelombang transmisi pada pemecah gelombang kantong pasir. Pemilihan jenis *tool* disesuaikan dengan tipe interaksi antara variabel terikat terhadap variabel bebas. Sesuai dengan karakter gelombang transmisi, maka pada penelitian ini digunakan analisa regresi tak linear.

Terdapat beberapa penelitian yang menggunakan *tool* analisa regresi tak linear untuk menggambarkan hubungan transmisi gelombang dengan pemecah gelombang (Van der Meer, 1991; dan Seabrooks dan Hall, 1998). Mereka menggunakan struktur pemecah gelombang tipe *rubble mound* maka D_{n50} merupakan salah satu parameter yang dijadikan sebagai variabel bebas.

Sedangkan pada penelitian ini digunakan kantong pasir sebagai struktur pemecah gelombang, yang mempunyai dimensi kantong relatif seragam, sehingga parameter D_{n50} tersebut tidak relevan dijadikan sebagai variabel pengujian. Sedangkan penelitian mengenai pengaruh kecuraman gelombang terhadap transmisi gelombang dilakukan oleh Gironella, *et al.* (2002) dan Shirlal dan Manu (2007). Sedangkan pengaruh lebar puncak terhadap transmisi gelombang dilakukan oleh Shirlal dan Manu (2007).

Sejauh ini secara eksplisit belum ada penelitian yang mencantumkan nilai efektifitas transmisi gelombang K_t untuk pemecah gelombang kantong pasir tipe tenggelam. Namun secara umum pemecah gelombang tipe tenggelam dapat dikategorikan sebagai *high wave transmission*, $K_t > 0.4$. (CERC, 1984). Kantong pasir merupakan material struktur buatan, maka bentuk dan susunan kantong dapat dibuat bervariasi, sehingga bentuk dan susunan

kantong pasir dapat dijadikan salah satu variabel pengujian dalam penelitian tersebut. Oleh sebab itu, pada penelitian ini ditetapkan kemiringan, lebar puncak, *freeboard*, bentuk dan susunan kantong pasir sebagai variabel bebas, sedangkan gelombang transmisi merupakan variabel terikat.

LANDASAN TEORI

Analisa regresi merupakan metode sederhana untuk meneliti hubungan secara fungsional pada beberapa variabel.

Hubungan tersebut digambarkan dalam bentuk persamaan model interaksi antara variabel terikat dengan variabel-variabel bebas. Apabila variabel terikat disebut dengan Y , dan variabel-variabel bebas ditentukan sebagai X_1, X_2, \dots, X_p , dimana p merupakan jumlah variabel bebas. Hubungan antara Y dengan X_1, X_2, \dots, X_p dapat diperkirakan sebagai:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon \quad (1)$$

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$, dan $\beta_j, j = 0, 1, 2, \dots, p$, disebut koefisien persamaan regresi. Metode *Least Square* merupakan metode yang umum digunakan untuk menentukan koefisien persamaan regresi.

Sesuai Persamaan (1) diperoleh fungsi *Least Square* dapat dituliskan sebagai:

$$L = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \quad (2)$$

Persamaan tak linear dapat diselesaikan dengan melakukan transformasi bentuk tak linear menjadi linear. Terdapat beberapa model tak linear namun dapat dijadikan linear dengan transformasi yang tepat, sehingga model persamaan tersebut dapat ditangani seperti persamaan linear biasa (Sembiring, 2003). Bentuk model regresi tersebut disajikan pada Tabel 1.

METODE PENELITIAN

Sesuai Fatnanta, dkk, (2010), kolam gelombang yang dipakai dalam penelitian ini mempunyai dimensi panjang 20m, tinggi 1,5m, lebar 0,8 m, dengan kedalaman air 0,80 m. Elevasi struktur pemecah gelombang dibuat lebih tinggi 30 cm dibandingkan dasar kolam dan dibuat kemiringan dasar 1:10, seperti tampak pada Gambar 1. Pada penelitian ini ditentukan skala

dimensi model adalah 1:10. Alat *wave probe* (WP), sebagai pengukur gelombang, dipasang pada dua tempat, di depan pembangkit gelombang dan di belakang struktur pemecah gelombang. Kondisi geometris struktur pemecah gelombang kantong pasir dapat terlihat pada tabel 2.

Bentuk kantong pasir dibuat menjadi 2 jenis yaitu B1 dan B2 seperti tampak pada Gambar 2. Pada studi ini, koefisien *Blockiness*, BLc

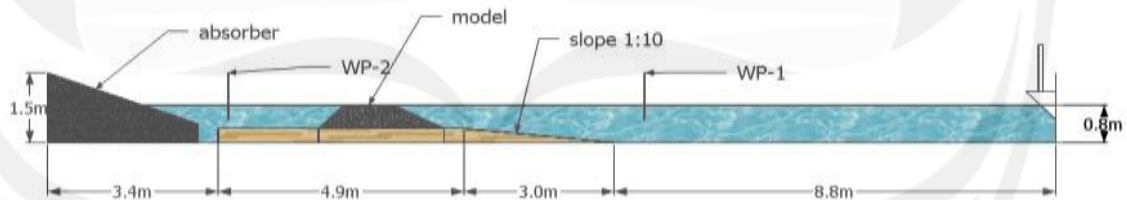
(Newberry, *et al.*, 2002) diadopsi untuk parameterisasi bentuk kantong pasir. Nilai parameterisasi bentuk B1 dan B2 masing-masing adalah 0,975 dan 0,880.

Susunan kantong pasir divariasikan menjadi tiga jenis, yaitu SK1, SK2 dan SK3. Parameterisasi jenis susunan kantong mengadopsi parameter *axial ratio*, Ar (Newberry, *et al.*, 2002).

Tabel 1. Transformasi Persamaan Regresi

Fungsi Tak Linear	Transformasi	Fungsi Linear
$W_i = \alpha z_{i1}^{\beta_1} z_{i2}^{\beta_2} \theta_i$	$Y = \ln(W_i)$	$Y = \ln \alpha + \beta_1 \ln z_{i1} + \beta_2 \ln z_{i2} + \ln \theta$
$W_i = c^{\alpha_0 + \alpha_1 x_{i1} + \alpha_2 x_{i2} + \theta_i}$	$Y = \ln(W_i)$	$Y = \alpha_0 \ln c + (\alpha_1 \ln c) x_{i1} + (\alpha_2 \ln c) x_{i2} + \theta_i \ln c$
$W_i = \frac{1}{c_1 + c_2^{\alpha_0 + \alpha_1 x_{i1} + \alpha_2 x_{i2} + \theta_i}}$, diubah menjadi: $\frac{1}{W_i} - c_1 = c_2^{\alpha_0 + \alpha_1 x_{i1} + \alpha_2 x_{i2} + \theta_i}$	$Y = \ln\left(\frac{1}{W_i} - c_1\right)$	$Y = \alpha_0 \ln c_2 + (\alpha_1 \ln c_2) x_{i1} + (\alpha_2 \ln c_2) x_{i2} + \theta_i \ln c_2$

Sumber: Sembiring, 2003



Gambar 1. Detail Flume Tank dan Penempatan *wave probe*



Gambar 2. Bentuk Kantong Pasir

Tabel 2. Kondisi Geometri Struktur Pada Penelitian ini

No	Kondisi geometri	Ukuran					
1.	Kemiringan struktur	$\cot \alpha = 1,5$			$\cot \alpha = 2,0$		
2.	Lebar puncak, Bw, cm	20	60	100	20	60	100
3.	Freeboard, Fb, cm	0; 5; 10	0; 5; 10	0; 5; 10	0; 5; 10	0; 5; 10	0; 5; 10

Hasil parameterisasi susunan kantong dapat dilihat pada Tabel 3. Pada studi ini digunakan spektrum gelombang JONSWAP untuk gelombang *irregular* seperti disajikan pada Tabel 4. Pemilihan tinggi gelombang dan periode disesuaikan dengan kondisi gelombang yang umum terjadi di pantai timur Riau dan memperhatikan kemampuan peralatan di Kolam Gelombang Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut, Jurusan Teknik Kelautan – FTK, ITS Surabaya. Tipe pengujian respon gelombang terhadap struktur susunan kantong pasir merupakan *model black-box*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

MANAJEMEN DATA

Sesuai Gambar 4, gelombang diukur oleh *wave height meter* atau *wave probe* (WP) dan selanjutnya semua data tersebut dicatat dan disimpan pada sistim data akuisisi (data

acquisition system). Periode dan tinggi gelombang merupakan data gelombang yang tersimpan pada sistim data akuisisi tersebut. Terdapat dua pencatatan data gelombang yaitu gelombang datang dan gelombang transmisi. Gelombang datang, H_i , merupakan gelombang dari pembangkit gelombang (*wave maker*), sedangkan gelombang transmisi, H_t , merupakan gelombang setelah melewati struktur pemecah gelombang.

Pada Teknik Pantai, karakter peredaman gelombang pada struktur pemecah gelombang ditulis dalam bentuk perbandingan antara tinggi gelombang transmisi dan tinggi gelombang datang. Perbandingan kedua tinggi gelombang ini disebut dengan koefisien transmisi gelombang, dirumuskan dalam Persamaan 3.

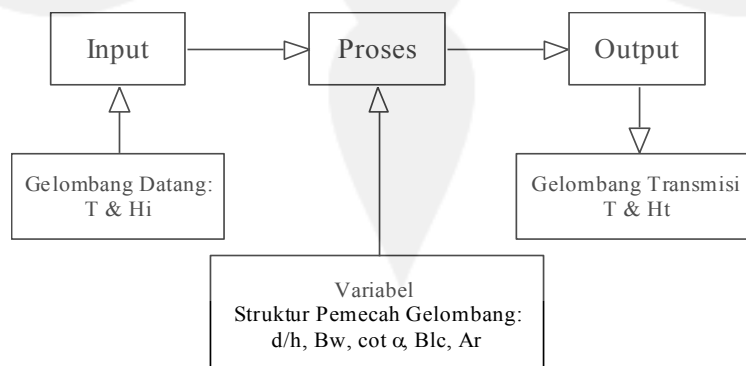
$$K_t = \frac{H_t}{H_i} \quad (3)$$

Tabel 3. Parameterisasi Susunan Kantong Pasir

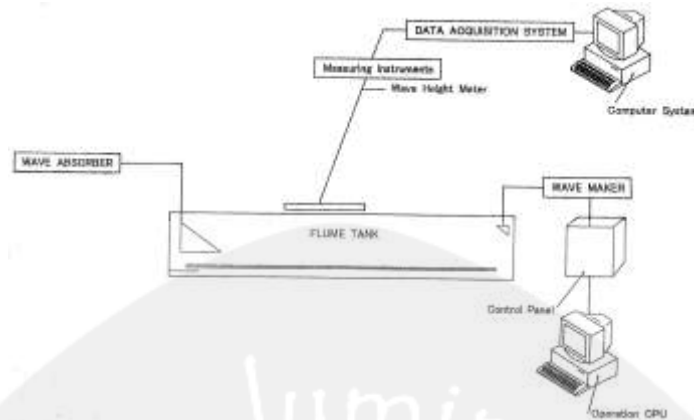
Parameter	Nilai <i>Axial Ratio</i> , Ar					
	SK1		SK2		SK3	
Susunan Kantong	S1.5	S2.0	S1.5	S2.0	S1.5	S2.0
Kantong B1	2,470	2,470	1,203	1,203	1,618	1,618
Kantong B2	1,610	1,610	1,139	1,139	1,450	1,450

Tabel 4. Gelombang Uji tipe *irregular*

Periode puncak, T_p , detik :			
1,00	1,20	1,50	1,80
Tinggi gelombang signifikan, H_s , cm :			
5; 7; 9	5; 7; 9	5; 7; 9	5; 7



Gambar 3. Model *black-box testing* respon gelombang terhadap struktur pemecah gelombang



sumber: *West Japan Fluid Engineering Laboratory*, 1998

Gambar 4. Skema pencatatan dan pengumpulan data gelombang

Gelombang dibangkitkan setiap ada perubahan variabel struktur pemecah gelombang. Variabel struktur adalah kemiringan struktur, $\cot \alpha$, kedalaman relatif, d/h , lebar puncak, B_w , bentuk kantong, BL_c , dan susunan kantong, Ar .

Pengambilan data dilakukan secara terus menerus setiap pembangkitan gelombang dijalankan. Setiap perubahan variabel tersebut diharapkan terjadi perubahan pada tinggi gelombang transmisi, sehingga diketahui respon gelombang terhadap perubahan variabel struktur pemecah gelombang.

Data hasil pengujian tersebut digunakan untuk pembentukan persamaan model. Persamaan model dibentuk oleh (90-95)% total data pengujian, sehingga jumlah data yang digunakan untuk pembentukan persamaan model mencapai 560 data. Sedangkan untuk validasi model digunakan sebanyak (5-10)% total data pengujian yang dipilih secara acak.

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Beberapa parameter pengujian divariasikan agar dapat diketahui respon gelombang terhadap struktur pemecah gelombang.

Lebar puncak B_w , kedalaman relatif d/h , serta bentuk dan susunan kantong merupakan parameter struktur yang divariasikan, sedangkan tinggi dan periode merupakan parameter gelombang yang dibuat variasi.

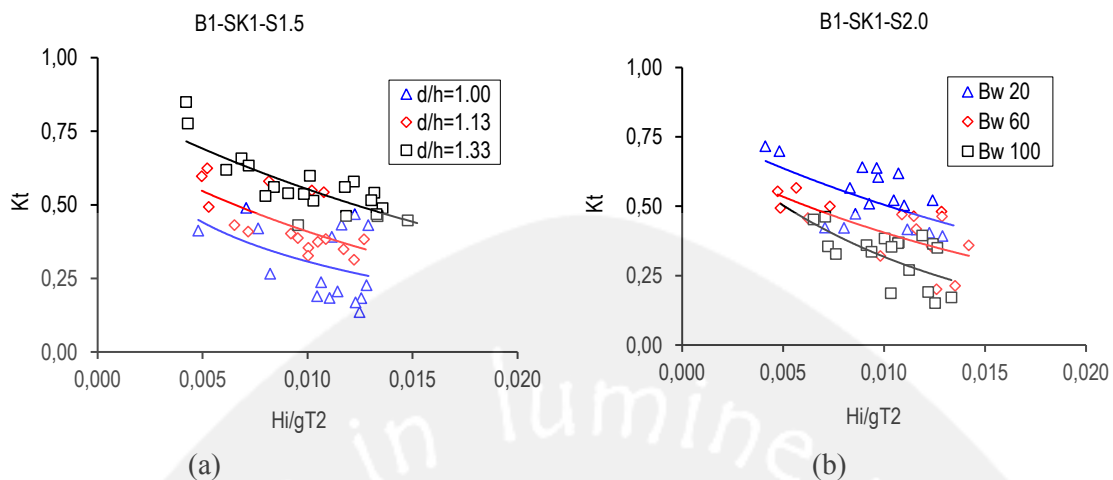
Hubungan Kedalaman Relatif dan Lebar Puncak terhadap K_t

Sesuai Fatnanta, dkk (2010), seperti ditampilkan pada Gambar 5a, hubungan kedalaman relatif, d/h , terhadap koefisien gelombang transmisi. Hasil penggambaran terlihat jelas bahwa kedalaman relatif makin kecil, nilai K_t juga semakin rendah. Sedangkan pada kedalaman relatif makin besar, nilai K_t juga makin besar. Pada kedalaman relatif sama, gelombang makin curam, H_i/gT^2 besar, gelombang mudah pecah sehingga nilai K_t rendah.

Nilai K_t juga dipengaruhi oleh lebar puncak, B_w , seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5b. Lebar puncak makin panjang, bidang gesek juga makin besar sehingga kemungkinan terjadi gelombang pecah makin besar. Sebaliknya lebar puncak makin kecil, nilai K_t makin besar. Pada lebar puncak sama, gelombang makin curam, H_i/gT^2 besar, gelombang mudah pecah sehingga nilai K_t rendah (Fatnanta, dkk, 2010).

Hubungan Susunan dan Bentuk Kantong Pasir terhadap K_t

Bentuk kantong dibuat dua jenis yaitu B1 dan B2. Tujuan variasi bentuk kantong adalah agar diperoleh karakter bentuk kantong dalam peredaman energi gelombang (Fatnanta dkk, 2010). Pada Gambar 6a ditunjukkan hubungan bentuk kantong pasir terhadap nilai K_t .



Sumber: Fatnanta, dkk, 2010

Gambar 5. Hubungan kedalaman relatif dan lebar puncak terhadap K_t (a) kedalaman relatif, d/h terhadap K_t , (b) lebar puncak, B_w , terhadap K_t

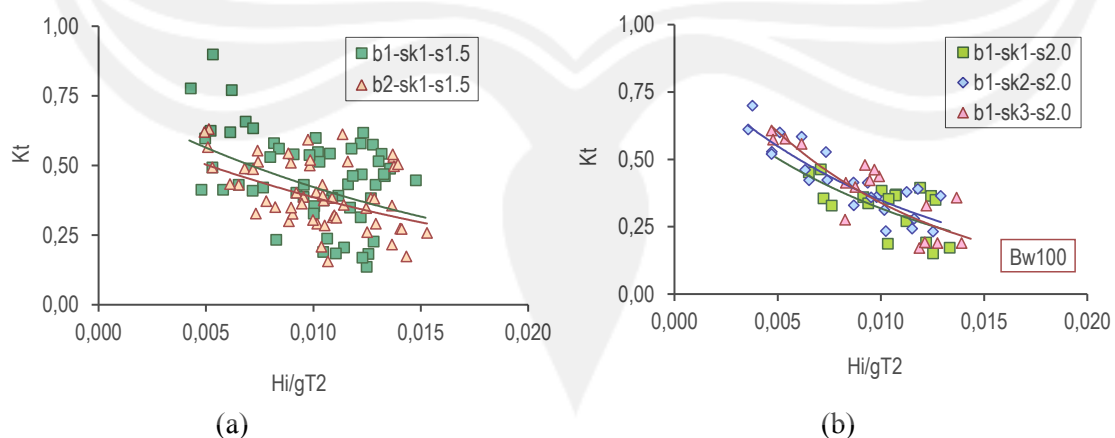
Susunan kantong dibuat tiga variasi yaitu SK1, SK2 dan SK3, sesuai Fatnanta dkk, (2010). Perbedaan pada setiap susunan adalah penempatan kantong terhadap arah gelombang. Setiap jenis susunan dilakukan pengujian yang sama, baik tinggi gelombang maupun periodenya. Pada Gambar 6b ditunjukkan hubungan jenis susunan terhadap nilai K_t .

Hubungan Kemiringan Struktur terhadap K_t

Pada pengujian ini kemiringan dibuat bervariasi, kemiringan struktur 1:1,5 disebut cot

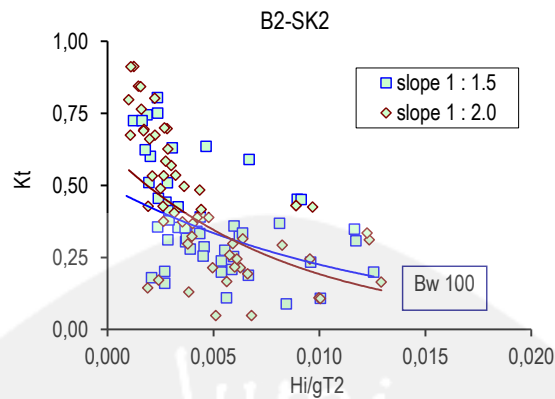
$\alpha = 1,5$ dan kemiringan 1:2,0 disebut cot $\alpha = 2,0$. Kemiringan landai meningkatkan luas bidang gesek, peningkatan gesekan antara gelombang dengan struktur mengakibatkan gelombang pecah sehingga tinggi gelombang transmisi berkurang (Fatnanta, 2009).

Namun Fatnanta (2009) juga menyatakan bahwa kemiringan struktur lebih curam akan lebih memantulkan gelombang, maka terjadi pengurangan gelombang transmisi, seperti terlihat pada Gambar 7.



Sumber: Fatnanta dkk, 2010

Gambar 6. Hubungan susunan dan bentuk Kantong pasir terhadap K_t , (a) Susunan kantong, Ar terhadap K_t , (b) Bentuk Kantong, BLc, terhadap K_t



Sumber: Fatnanta, 2009

Gambar 7. Hubungan Kemiringan Struktur, $\cot \alpha$, terhadap K_t

Pengembangan Persamaan Model

Analisa regresi dilakukan untuk mengembangkan persamaan yang dapat digunakan untuk memprakirakan tinggi gelombang transmisi, H_t . Usulan persamaan model transmisi gelombang diharapkan mempunyai bentuk persamaan sederhana dan mudah diterapkan dalam perencanaan struktur pemecah gelombang.

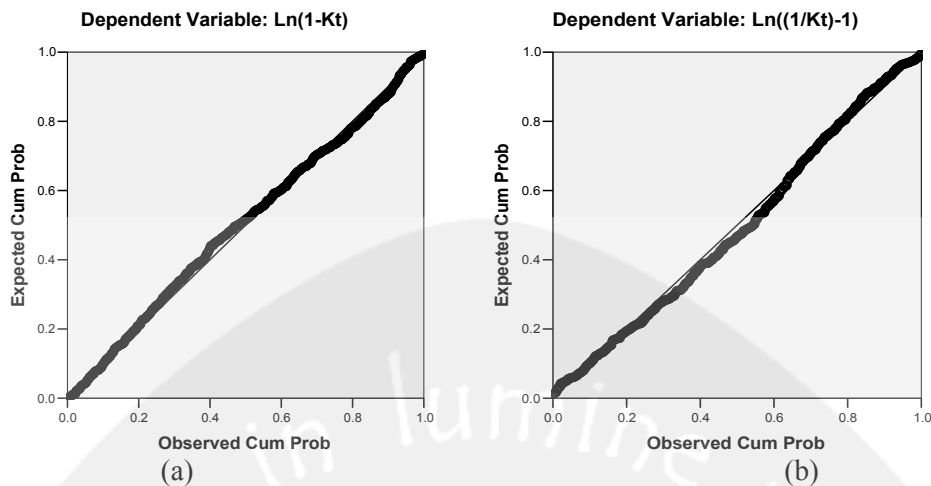
Sesuai hasil analisa data menunjukkan bahwa terdapat enam parameter yang berperan pada proses transmisi gelombang. Keenam parameter tersebut adalah kecuraman gelombang, H_i/gT^2 , tinggi relatif struktur, d/h , lebar relatif, Bw/gT^2 , kemiringan struktur, $\cot \alpha$, bentuk kantong, BLc dan susunan kantong, Ar . Hubungan nilai K_t dengan ke-enam parameter tersebut cenderung tidak linear.

Oleh sebab itu, usulan persamaan model gelombang transmisi juga berbentuk tak linear. Persamaan model gelombang transmisi yang diusulkan adalah $\ln(1-K_t)$ (tipe 1) dan $\ln\left(\frac{1}{K_t}-1\right)$ (tipe 2). Selain berbentuk tak linear, kedua tipe tersebut juga harus memenuhi kondisi nilai K_t harus sama dengan 1 apabila semua parameter sama dengan nol atau tidak dipasang struktur pemecah gelombang, dapat dilihat dalam Tabel 5. Sesuai Fatnanta (2009) bentuk umum ke dua model tersebut dapat dilihat Persamaan 4 dan 5.

Keenam parameter tersebut pada Persamaan 4 dan 5 digunakan untuk membentuk persamaan model koefisien gelombang transmisi. Hasil analisa statistik diperoleh bentuk persamaan model koefisien gelombang transmisi dalam Persamaan 6 dan 7.

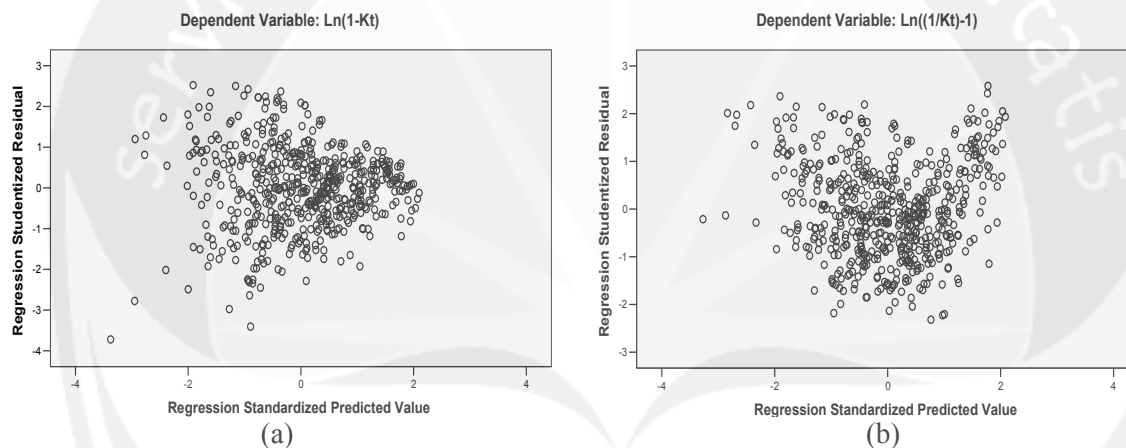
Tabel 5. Persamaan model gelombang transmisi yang diusulkan

Tipe	Usulan Model	R^2
1	$K_t = 1 - \left[a_0 \left(\frac{d}{h} \right)^{a_1} \left(\frac{Bw}{gT^2} \right)^{a_2} \left(\frac{H_i}{gT^2} \right)^{a_3} \left(\frac{Ar}{\cot \alpha} \right)^{a_4} (BLc)^{a_5} \right]$	(4)
2	$K_t = \frac{1}{1 + a_0 \left(\frac{d}{h} \right)^{a_1} \left(\frac{Bw}{gT^2} \right)^{a_2} \left(\frac{H_i}{gT^2} \right)^{a_3} \left(\frac{Ar}{\cot \alpha} \right)^{a_4} (BLc)^{a_5}}$	(5)
1	$K_t = 1 - 2.345 \left(\frac{d}{h} \right)^{-1.407} \left(\frac{Bw}{gT^2} \right)^{0.159} \left(\frac{H_i}{gT^2} \right)^{0.158} \left(\frac{Ar}{\cot \alpha} \right)^{-0.065} (BLc)^{-0.368}$	0,834 (6)
2	$K_t = \frac{1}{1 + 37.319 \left(\frac{d}{h} \right)^{-3.632} \left(\frac{Bw}{gT^2} \right)^{0.385} \left(\frac{H_i}{gT^2} \right)^{0.333} \left(\frac{Ar}{\cot \alpha} \right)^{0.179} (BLc)^{-0.802}}$	0,834 (7)



Sumber: *output spss*

Gambar 8. Sebaran *residual* pada kedua usulan model (a) sebaran *residual* model tipe 1, (b) sebaran *residual* model tipe 2



Sumber: *output spss*

Gambar 9. Sebaran *residual* pada kedua usulan model, (a) *scatterplot* model tipe 1, (b) *scatterplot* model tipe 2.

Hasil uji F menunjukkan bahwa kedua tipe usulan model, model tipe 1 dan 2 mempunyai nilai F_{hitung} masing-masing sebesar 556,070 dan 554,765, lebih besar dari F_{tabel} 0,05 (5, 554) = 2,21.

Hal ini menunjukkan bahwa model regresi dapat diterima.

Normalitas data pembentuk model dapat terdeteksi pada pola penyebaran titik *residual* terhadap garis normal. Seperti tampak pada Gambar 8, bahwa sebaran titik *residual* berada di sekitar garis normal.

Hal ini mengindikasikan *residual* tersebut berasal dari data yang terdistribusi normal.

Kelayakan model regresi dapat dilihat pada hasil *scatterplot* hubungan antara *regression standardized residual* dan *predicted value*.

Pada Gambar 9, terlihat bahwa model tipe 1 cenderung sebaran titik makin ke kanan makin menyempit, sedangkan model tipe 2 cenderung tidak membentuk pola tertentu (menyebarkan). Sehingga tampak bahwa model tipe 2 lebih *fit* sebagai model.

Pengujian Usulan Model

Usulan model transmisi gelombang diuji dalam dua jenis pengujian. Pengujian pertama adalah melakukan penggambaran (*plotting*) semua data dan data uji, pengujian kedua adalah pengujian kekokohan koefisien persamaan model.

Penggambaran Semua Data Dan Data Uji

Hasil penggambaran tersebut menunjukkan hasil yang baik antara $K_{t_{ukur}}$ terhadap $K_{t_{hitung}}$ untuk semua tipe seperti terlihat pada Gambar 10. Perbandingan $K_{t_{ukur}}$ terhadap $K_{t_{hitung}}$, model terlihat mempunyai rentang data sempit dan lurus mengikuti trend garis *best-fit*, terutama pada harga K_t antara 0,15–0,80. Nilai Indeks Willmot, I_w , mencapai nilai 0,961 dan 0,954 untuk masing-masing tipe 1 dan tipe 2. Jadi, secara umum, kedua tipe model menunjukkan hubungan yang baik antar $K_{t_{ukur}}$ terhadap $K_{t_{hitung}}$.

Kekokohan Koefisien Persamaan Model

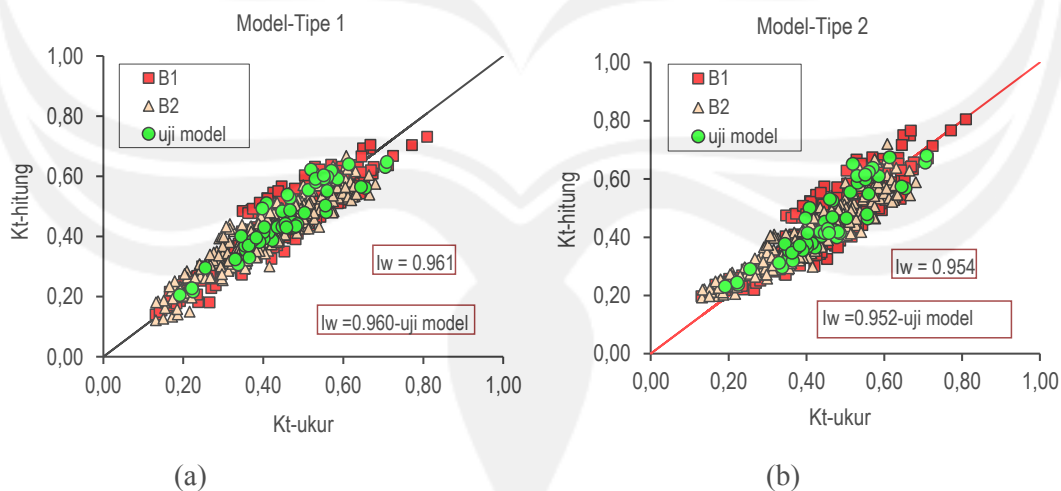
Pengujian model selanjutnya adalah pengujian kekokohan model terhadap perubahan nilai koefisien parameter. Pengujian kekokohan model dilakukan dengan cara melakukan pengurangan nilai koefisien parameter persamaan model. Pengurangan koefisien untuk parameter d/h , H/gT^2 , Bw/gT^2 adalah masing-masing sebesar 20%.

Seperti telah disebutkan sebelumnya, bahwa pengujian kekokohan model merupakan salah satu acuan pada pemilihan persamaan model.

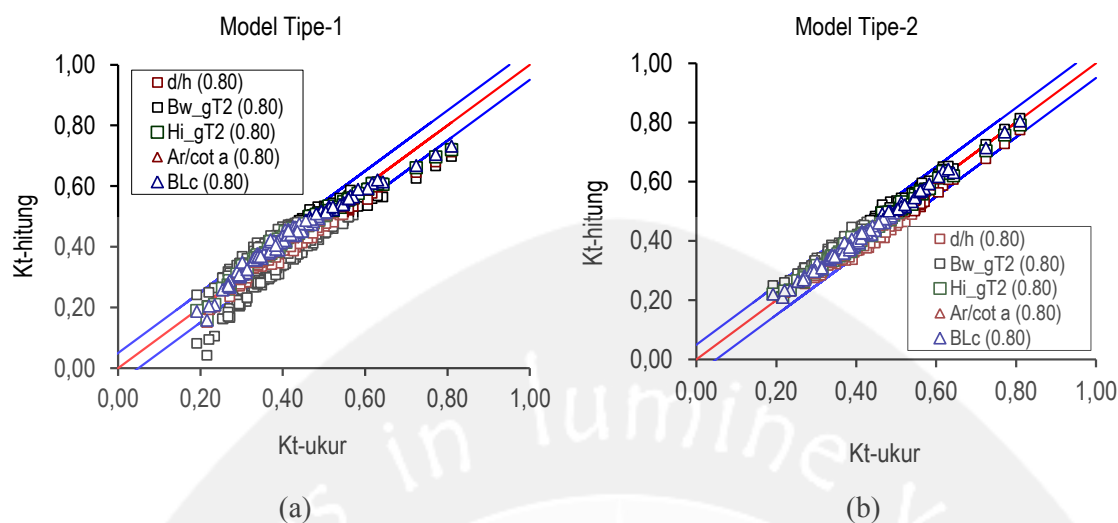
Hasil pengujian kekokohan model, seperti ditampilkan pada Gambar 11, menunjukkan bahwa perubahan koefisien persamaan model berpengaruh terhadap hasil perhitungan. Keadaan tersebut jelas terlihat pada model tipe-1, namun model tipe 2 terlihat kokoh terhadap perubahan koefisien persamaan. Atas dasar uji kekokohan persamaan model, maka model persamaan karakter gelombang transmisi pada pemecah gelombang kantong pasir adalah model tipe 2.

Validasi Model Persamaan

Model merupakan persamaan yang dibentuk berdasarkan data empiris hasil pengujian di laboratorium. Data-data tersebut mempunyai keterbatasan rentang nilai, pada umumnya keterbatasan nilai parameter tersebut disebabkan oleh keterbatasan kemampuan alat. Oleh sebab itu, model persamaan berlaku valid pada rentang nilai parameter sesuai dengan rentang data pengujian. Penggunaan model tersebut di luar rentang nilai yang ditentukan menyebabkan hasil prakiraan transmisi gelombang menjadi tidak benar. Persamaan model yang diajukan tersebut valid pada rentang nilai seperti pada Tabel 6, 7 dan 8.



Gambar 10. Perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan terhadap K_t (a) Model Tipe 1, (b) Model Tipe 2.



Gambar 11. Sensitivitas Koefisien Model Transmisi (a) Model Tipe 1, (b) Model Tipe 2

Tabel 6. Rentang Kondisi Gelombang

Parameter	Nilai Rentang	
	min.	max.
d/h	1,000	1,333
Bw/gT^2	0,004	0,113
Hi/gT^2	0,003	0,015

Tabel 7. Rentang Kondisi Bentuk Kantong

Parameter	Syarat kondisi	
Bentuk Kantong:	guling (B1)	bantal (B2):
Koefisien <i>Blockiness</i> , BLc	0,975	0,880

Tabel 8. Rentang Parameter Susunan Kantong dan Kemiringan Struktur

Susunan Kantong	Parameter ($Ar/cot \alpha$)					
	SK1		SK2		SK3	
	S1.5	S2.0	S1.5	S2.0	S1.5	S2.0
Kantong B1	1,646	1,235	0,802	0,602	1,079	0,809
Kantong B2	1,073	0,805	0,880	0,660	0,967	0,725

KESIMPULAN

Kantong pasir merupakan bahan struktur yang dapat dibuat sesuai keinginan peneliti. Bentuk dan susunan kantong pasir merupakan parameter yang dapat divariasikan.

Hal ini merupakan kelebihan kantong pasir dibandingkan bahan struktur lain. Selain geometris struktur, periode serta tinggi gelombang, pada penelitian ini bentuk dan susunan kantong dijadikan variabel bebas.

Pada studi ini, persamaan model ditentukan secara empiris, sehingga hubungan antara

koefisien transmisi gelombang terhadap geometri struktur, bentuk kantong serta susunan kantong merupakan hal yang sangat utama. Hubungan tersebut dimodelkan menggunakan analisa regresi. Koefisien transmisi gelombang ditetapkan sebagai variabel terikat, sedangkan geometri struktur, bentuk kantong dan susunan kantong serta tinggi dan periode gelombang ditetapkan sebagai variabel bebas.

Terdapat dua persamaan yang diusulkan untuk memodelkan karakter gelombang transmisi

pada pemecah gelombang kantong pasir. Kedua model tersebut adalah $\ln(1-K_t)$ dan $\ln\left(\frac{1}{K_t}-1\right)$. Menurut hasil uji persamaan regresi, model $\ln\left(\frac{1}{K_t}-1\right)$ merupakan persamaan model paling sesuai untuk menggambarkan karakter

gelombang transmisi pada pemecah gelombang kantong pasir. Model $\ln\left(\frac{1}{K_t}-1\right)$ ditulis menjadi persamaan model tak linear dalam Persamaan 8.

$$K_t = \frac{1}{1 + 37.319 \left(\frac{d}{h}\right)^{-3.632} \left(\frac{Bw}{gT^2}\right)^{0.385} \left(\frac{H_i}{gT^2}\right)^{0.333} \left(\frac{Ar}{\cot \alpha}\right)^{0.179} (BLc)^{-0.802}} \quad (8)$$

DAFTAR PUSTAKA

- CERC, 1984, *Shore Protection Manual*, Department of The Army Waterway Experiment Station, Corps of Engineering Research Center, Fourth Edition, US Government Printing Office, Washington
- Fatnanta, 2009, *Kajian Perilaku Transmisi dan Stabilitas Pemecah Gelombang Kantong Pasir Tipe Tenggelam*, Disertasi Program Doktor Teknik dan Manajemen Pantai ITS Surabaya.
- Fatnanta, Pratikto, Wahyudi dan Armono, 2010, Respon Gelombang Terhadap Perubahan Freeboard dan Geometris Pada Pemecah Gelombang Kantong Pasir, *Seminar Nasional Perkembangan Teknik Pantai di Indonesia Menghadapi Perubahan Iklim*, Denpasar, 1-3 November 2010, hal. 159 – 173.
- Gironella, X., Sanches-Archila, A., Briganti, R., Sierra, P.S. dan Moreno, L., 2002, "Submerged Detached Breakwaters: Towards A Functional Design", *Proceeding of the 28th International Conference Coastal Engineering 2002*, eds. Smith J. M., Cardif Wales, pp 1768-1777
- Hughes, SA., 1993, *Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering*, First edition, World Scientific Publishing, Singapore.
- Keulegan, GH., 1966, *Model Laws for Coastal and Estuarine Models in Estuary and Coasline Hydrodynamic*, AT Ippen, Mac Graw Hill Book Company, New York.
- Newberry SD., Latham JP., Stewart TP., dan Simm JD., 2002, The Effect Of Rock Shape and Construction Methods On Rock Armour Layers, *Proceeding of the 28th International Conference Coastal Engineering 2002*, eds. Smith Jane M., Cardif Wales, pp 1436-1448.
- Seabrook, RS., dan Hall, KR., 1998, Wave Transmission at submerged Rubble-mound Breakwaters, *Proceedings of Coastal Engineering*, 1998, p 2000-2013.
- Sembiring, RK., (2003). *Analisis Regresi*. Edisi kedua, ITB, Bandung.
- Shirlal, K.G., dan Manu, S. R. 2007, Ocean Wave Transmission By Submerged Reef-A Physical Model Study, *Ocean Engineering* 34 (2007), hal 2093-2099
- Somantri, A. dan Muhidin, SA., 2006. *Aplikasi Statistika Dalam Penelitian*, Edisi pertama, Pustaka Setia, Bandung
- Van der Meer, JW., 1991, *Stability and transmission low-crested structures*, Delft Hydraulic Publication No. 453, May 1991.
- West Japan Fluid Engineering Laboratory, 1998, *Wave Flume Model TW-2-2 (Multi Type), Specification For Approval*, West Japan Fluid Engineering Laboratory CO., LTD, Nagasaki Japan