

# THE EFFECT OF WAVE PERIOD ON THE SLOPE PROFILE OF THE ARTIFICIAL SAND BEACH

## PENGARUH PERIODE GELOMBANG PADA PROFIL KEMIRINGAN PANTAI PASIR BUATAN

Ok Setyandito<sup>1)</sup>, Nur Yuwono<sup>2)</sup>, Radiana Triatmaja<sup>2)</sup>, dan Nizam<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Mataram., Mahasiswa Sekolah Pasca Sarjana, Program S3 Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, e-mail: oksetyandito@yahoo.com

<sup>2)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

### ABSTRACT

Some countries including Indonesia are developing their coastal areas mainly for the beach area conservation. This improvement needs to be performed when the beach is eroded and the coastal line is moving toward the onshore area where the settlement and tourism area located. One of the natural beach protections is applying the artificial beach nourishment. In order to get an optimum design for the stable artificial sand beach slope. This paper studied the effect of wave period on the slope profile of the artificial sand beach. This experiment was conducted using 2-D physical model in the laboratory. The wave flume was equipped with regular wave generator. The initial slope of artificial sand beach is  $n = 6$ , with the variation of wave period (T) range between 1-4 seconds, the depth of the water is 20 cm. The nourished material is sand particle ( $d_{50} < 0.25$ ). The changing of profile and slope were observed and analyzed to gain a hydraulic artificial sand beach slope with the wave period above. The result of the effect of wave period (T) on the artificial sand beach slope (nf) is shown by the non dimension parameter graphic of  $gT/2\pi\omega$  and nf. As the wave period increasing, the slope profile becomes flatter. The profile of steep slope is caused by the sediment transport moving upward, vice versa.

**Keywords:** wave period, slope profile, artificial sand beach

### ABSTRAKSI

Beberapa Negara termasuk Indonesia sedang mengembangkan wilayah pantainya terutama untuk konservasi daerah pantai. Perbaikan ini perlu dilakukan ketika pantai tererosi and garis pantai bergerak maju menuju arah daratan dimana pemukiman dan wilayah turis berada. Salah satu perlindungan pantai secara alami adalah membangun pantai pasir buatan. Agar diperoleh desain optimum untuk kemiringan pantai pasir buatan. Artikel ini mempelajari pengaruh periode gelombang pada profil kemiringan pantai pasir buatan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan pemodelan fisik 2-D di laboratorium. Alatsaluran gelombang dipasang dengan pembangkit gelombang reguler. Kemiringan awal dari pantai pasir buatan adalah  $n = 6$ , dengan variasi periode gelombang antara 1-4 detik, kedalaman air adalah 20 cm. Pasir yang digunakan memiliki ukuran partikel ( $d_{50} < 0,25$ ). Perubahan profil bentuk dan kemiringan diamati dan dianalisis untuk mendapatkan parameter hidrolis pantai pasir buatan dengan periode gelombang di atas. Hasil pengaruh periode gelombang (T) pada kemiringan pantai pasir buatan (nf) ditunjukkan dalam grafik antara parameter tidak berdimensi  $gT/2\pi\omega$  dan nf. Ketika periode gelombang naik, profil kemiringan semakin landai. Profil kecuraman disebabkan oleh transportasi sedimen bergerak maju, begitu sebaliknya.

**Kata-kata Kunci:** periode gelombang, profil kemiringan, pantai pasir buatan.

### PENDAHULUAN

Beberapa negara termasuk Indonesia pada saat ini giat dalam mengembangkan kawasan pesisir (daerah pantai), terutama untuk tujuan perlindungan daerah pantai dari erosi dan untuk kepentingan kawasan pariwisata. Salah satu cara untuk perlindungan pantai tersebut secara alami adalah dengan pembangunan pantai pasir buatan (*artificial beach nourishment*). Metode pengisian pasir dalam pembangunan pantai pasir buatan biasanya memerlukan biaya investasi yang lebih murah dan lebih dapat diterima masyarakat serta lingkungan sekitar. Konsep pengamanan pantai dengan pengisian pasir adalah (Yuwono 2004):

- menyediakan sejumlah pasir untuk dibawa oleh arus (terutama *longshore current*) sehingga arus tersebut tidak mengikis pantai (sebagai contoh *sand by passing*),
- menyediakan cadangan pasir yang sewaktu-waktu dibutuhkan (pada saat badai) dapat diambil oleh arus laut.

Fungsi utama pembuatan pantai pasir buatan, diantaranya adalah untuk menyediakan perlindungan terhadap bangunan struktur dan infrastruktur didarat dari badai. Dean dkk. (2002), menyatakan bahwa penambahan pantai pasir buatan dilakukan sebagai upaya untuk mencapai tujuan-tujuan antara lain:

- untuk membuat area rekreasi,
- sebagai pelindung dari badai (dengan 2 (dua) cara yaitu: mengurangi energi gelombang dipantai dan 'membiarkan' pantai buatan tersebut tererosi selama terjadi badai),

Pada point 2 diatas dapat dijelaskan bahwa apabila pantai pasir buatan tersebut hilang saat terjadi badai, yang hilang adalah pasir dari pantai pasir buatan bukan dari pantai asli (*unnourished beach*), sehingga melindungi wilayah pesisir (*upland*). Lebih jauh lagi, pasir sebenarnya tidak hilang. Pasir tersebut dipindahkan ke lepas pantai (*offshore*) kemudian dikembalikan lagi ke pantai saat gelombang tenang, atau pasir tersebar sepanjang pantai.

Terlihat contoh pantai sebelum (gbr 1.a) dan sesudah (gbr 1.b) dilakukan pengisian pasir untuk keperluan wisata, yaitu pantai pasir buatan di Belanda.

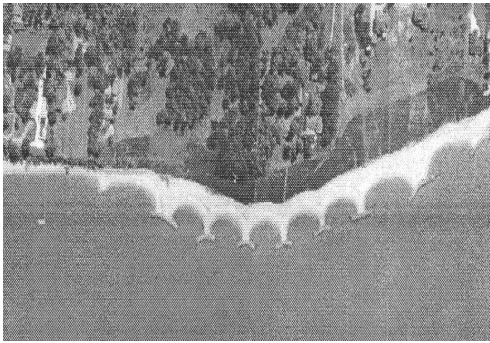
Pada pengisian pantai pasir buatan, pasir biasanya diletakkan dipantai dengan profil kemiringan yang lebih curam daripada profil pantai pada kondisi seimbang. Ketika pasir diletakkan, gelombang mulai merubah kembali keseimbangan baik pada profil dan bentuk yang direncanakan. Tulisan ini mengkaji hasil penelitian pengaruh periode gelombang (T) terhadap profil kemiringan stabil pada pantai pasir buatan.

## Kajian Pustaka dan Dasar Teori

Sejak tahun 1970, negara Belanda mulai menerapkan pantai pasir buatan sebagai alternatif perlindungan daerah pantai. Hanson dkk, (2002) menyebutkan bahwa faktor utama dalam mendesain pantai pasir buatan adalah volume pantai dan kecepatan erosi pantai pasir buatan. Volume total pengisian pasir untuk keperluan perlindungan pantai dengan menggunakan pantai pasir buatan di negara tersebut adalah berkisar 110 juta m<sup>3</sup>.



(a). Sebelum (1994)



(b) Sesudah (1999)

Gambar 1. Contoh pengisian pantai pasir buatan pada Proyek Van Dijk (1994) dan (1999)(CEM 2001).

Pengisian pantai pasir buatan secara umum memiliki keuntungan bila dibandingkan dengan strategi-strategi lainnya dalam perlindungan pantai, yaitu bersifat fleksibel dan memiliki kemungkinan untuk dilakukan secara bertahap.

### Pantai Pasir Buatan yang Stabil

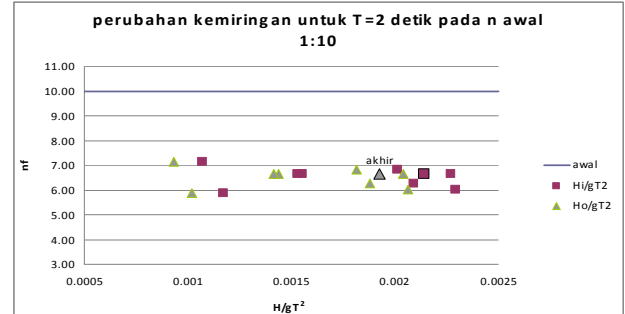
Beberapa hal yang mempengaruhi stabilitas pantai pasir buatan diantaranya adalah:

- Kelandaian / profil kemiringan pantai,
- kualitas dan kuantitas gempuran gelombang serta besarnya volume dan kecepatan erosi,
- transport sedimen yang stabil (antara akresi dan erosi),
- ketidak stabilan material dasar timbunan karena adanya arus dasar yang kuat,
- dibutuhkan waktu untuk mencapai kondisi pantai pasir buatan dalam keadaan stabil.

Beberapa penelitian dan evaluasi tentang stabilitas pantai pasir buatan telah dilakukan. Noortwijk dan Peerbolte (2000), Rijkwaterstaat (1996), dalam Van Rijn (1998), melakukan evaluasi dan penelitian mengenai stabilitas dan umur bangunan (*lifetime*) beberapa pantai pasir buatan, dengan volume antara 50 dan 100 m<sup>3</sup>/m/tahun, diameter pasir 0.15 mm. - 0.3 mm, yang dilakukan disepanjang pantai di negara Belanda dengan tinggi pasang surut sekitar 2 m.

## Penelitian Pantai Pasir Buatan Stabil di Indonesia

Setyandito dkk. (2008), Setyandito dan Yuwono (2009), telah meneliti perubahan kemiringan akibat serangan gelombang dengan kemiringan awal  $n = 10$  dan  $n = 3$ , dengan material timbunan  $d_{50} = 0.55$  mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perubahan run up gelombang dan kondisi gelombang pecah. Kemiringan pantai pasir akan berubah dengan posisi kemiringan akhir  $nf = 4 - 6$ . Adapun hasil penelitian disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan antara  $H/gT^2$  dengan Perubahan Kemiringan  $nf$  pada Kondisi Kedalaman Air LWL, Kemiringan Awal 1 : 10 (Setyandito dkk., 2008).

### Teori Gelombang

Teori gelombang linier didasarkan pada anggapan air laut adalah sebagai fluida ideal, sehingga aliran yang terjadi bersifat irrotational. Persamaan yang diselesaikan pada teori gelombang adalah persamaan Laplace dan persamaan Bernoulli tak permanen yang telah dilinierkan dalam dua dimensi ( $x, z$ ). Anggapan yang digunakan dalam teori gelombang linier (Airy, 1845) adalah bahwa amplitudo gelombang kecil dibandingkan dengan kedalaman air maupun panjang gelombang. Gerakan partikel air mengikuti aliran irrotasional, dengan kecepatan potensial ( $\phi$ ) memenuhi persamaan Laplace: (Silvester, 1974; Horikawa, 1978; Dean dkk. 1991)

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0 \quad (1)$$

Teori gelombang amplitudo kecil dapat diturunkan dari persamaan (1), dengan mengambil kondisi batas bawah adalah dasar laut dan kondisi batas atas adalah persamaan Bernoulli.

Kondisi batas bawah :

$$v = \frac{\partial \phi}{\partial y} = 0 \quad \text{dengan } y = -d \quad (2)$$

Kondisi batas atas :

$$p / \rho + 1/2(u^2 + v^2) + gy + \frac{\partial \phi}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

dengan :

$d$  = kedalaman air,  $g$  = percepatan gravitasi bumi,  $p$  = tekanan di permukaan air,  $u$  = kecepatan partikel air arah  $x$ ,  $v$  = kecepatan partikel air arah  $y$ ,  $\phi$  = kecepatan potensial,  $\rho$  = rapat massa air.

Apabila persamaan (3) dilinierkan, yaitu dengan mengabaikan  $u^2$  dan  $v^2$ , dan dengan mengambil tekanan di permukaan air adalah nol (tekanan atmosfer), maka persamaan muka air ( $y = \eta$ ) dapat diturunkan. Kecepatan jalar gelombang dapat ditentukan dengan hubungan :

$$C = L/T \quad (4)$$

Persamaan gelombang

$$\eta = H/2 \sin(kx + \sigma t) \quad (5)$$

Persamaan kecepatan jalar gelombang

$$C^2 = \frac{gL}{2\pi} \tanh(kd) \quad (6)$$

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh(2\pi d / L) \quad (7)$$

Persamaan panjang gelombang

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh(2\pi d / L) \quad (8)$$

### Profil Kemiringan Pantai Pasir Buatan

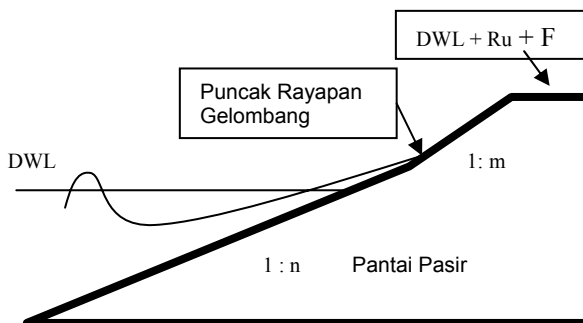
Penentuan kemiringan dalam pembuatan pantai pasir buatan harus direncanakan sesuai dengan kelandaian pada kondisi alami pantai. Landai pantai pasir rencana digunakan sebagai penentuan volume pengisian pasir. Landai pasir rencana, dapat diperkirakan dengan menggunakan grafik yang disajikan pada Gambar 3. dan Tabel 1. (Wiegel, 1964). Christiansen (1977) dalam CUR (1987). mengusulkan landai pasir rencana seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Hubungan Diameter Pasir dan Kelandaian Pantai (Wiegel 1964, dalam Yuwono 2004).

Diameter Pasir mm	Pantai Terlindung		Pantai Terbuka	
	N	m	n	m
0,2	25 - 40		40 - 100	
0,3	12 - 20		20 - 40	10 - 15
0,4	7 - 12	6 - 10	12 - 20	
0,5	6 - 10		10 - 15	

Tabel 2. Hubungan Diameter Pasir dan Kelandaian Pantai (Cristiansen, 1977 dalam CUR, 1987).

Diameter Butiran $D_{50}$ (mm)	Kelandaian Pantai	
	n	m
0,15 - 0,2	100 - 60	
0,2 - 0,3	60 - 50	35 - 30
0,3 - 0,4	50 - 40	
0,4 - 0,5	40 - 35	



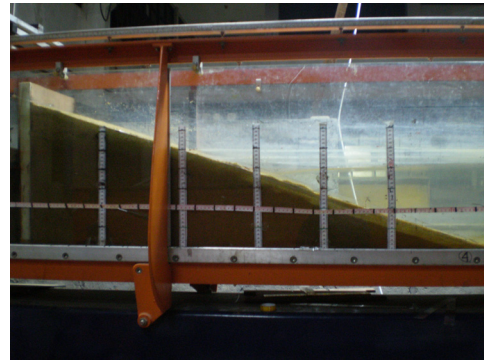
Keterangan:

- DWL = Elevasi muka air rencana (*Design Water Level*) (m)
- Ru = Run Up (Rayapan gelombang di pantai pasir buatan) (m)
- F = Freeboard (Tinggi Tambahan), (0,5- 1,0 m)

Gambar 3. Hubungan Antara Kelandaian Pantai dan Diameter Pasir (Wiegel 1964 dalam Yuwono, 1996).

### METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan pemodelan fisik 2 dimensi di laboratorium hidraulika dan hidrologi PSIT-UGM, dengan menggunakan alat berupa saluran gelombang dengan model profil kemiringan pantai pasir  $n = 6$ , dan pembangkit gelombang yang dapat membangkitkan gelombang regular. Pasir yang digunakan adalah pasir dari pantai Patehan Daerah Istimewa Yogyakarta dengan diameter gradasi butiran  $< 0,25$  mm. Variasi periode gelombang (T) yang dnakan adalah  $T = 1$  dt.,  $1,5$  dt.,  $2$  dt.,  $2,5$  dt.,  $3$  dt.,  $3,5$  dt. Model pantai pasir buatan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Model profil kemiringan pantai pasir buatan

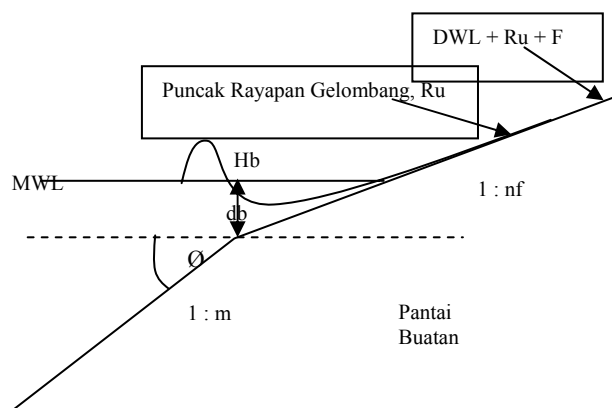
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, perubahan bentuk dan perubahan kemiringan pantai pasir buatan akibat serangan gelombang dibedakan berdasarkan notasi seperti gambar 5. Profil kemiringan nf adalah kemiringan diantara dasar pada gelombang pecah ( $H_b$ ) sampai dengan puncak rayapan gelombang ( $R_u$ ), sedangkan kemiringan m adalah kemiringan diantara dasar pada gelombang pecah ( $H_b$ ) sampai dengan perubahan kemiringan dibawahnya. Hasil perhitungan perubahan kemiringan pantai pasir buatan disajikan pada Tabel 3, dan Gambar hasil analisa perubahan kemiringan dalam penelitian dapat dilihat pada gambar 6.

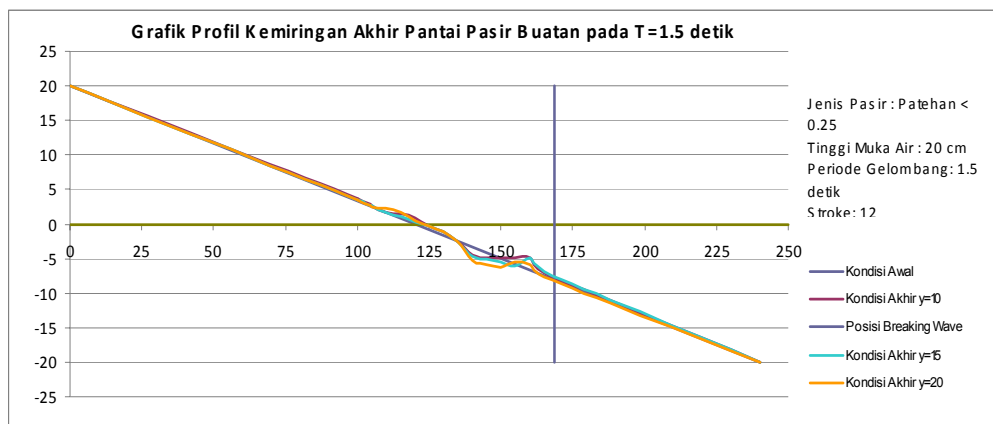
Tabel 3. Hasil Penelitian dan Analisa Perubahan Kemiringan (nf) Pantai Pasir Buatan Kemiringan Awal  $n = 6$ , Stroke 12, Kondisi MSL.

T	MSL	nf
1	MSL 1	4.42
1.5	MSL 1	4.76
2	MSL 1	7.00
2.5	MSL 1	12.95
3	MSL 1	8.56
3.5	MSL 1	13.8

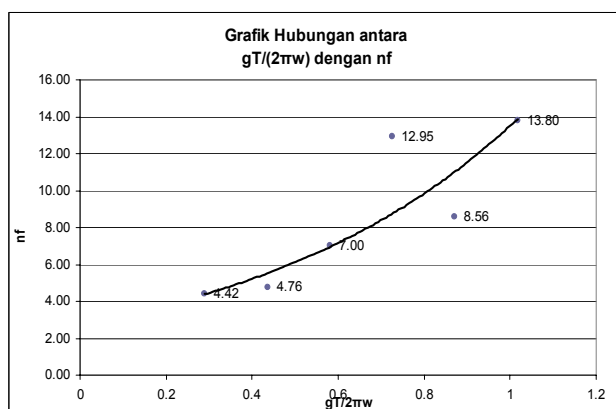
Pada Gambar 7. disajikan Grafik hubungan antar parameter antara  $gT/2\pi\omega$  dan perubahan kemiringan (nf) pada kemiringan awal 1:6. Periode gelombang (T) berpengaruh signifikan terhadap bentuk profil kemiringan stabil (nf) pada pantai pasir buatan. Gra-fik hubungan non dimensional parameter antara  $gT/2\pi\omega$  dan perubahan kemiringan stabil (nf) pada kemiringan awal 1:6, menun-jukkan bahwa semakin kecil periode gelombang (T), kemiringan stabil nf akan semakin curam.



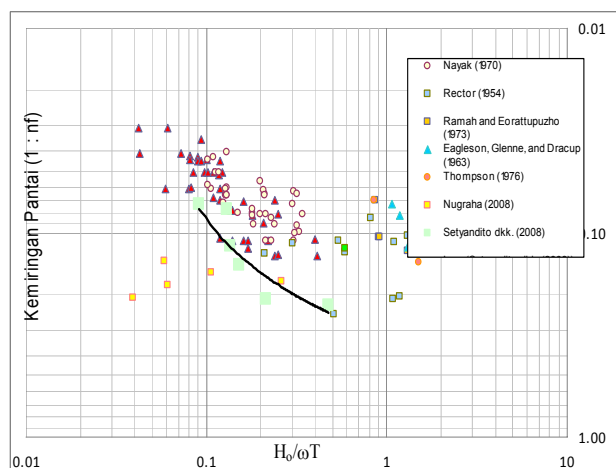
Gambar 5. Definisi profil kemiringan yang digunakan pada penelitian.



Gambar 6. Grafik perubahan profil kemiringan pantai pasir buatan, hubungan antara elevasi perubahan kemiringan (z) dengan jarak (x) dengan profil kemiringan awal  $n = 6$  dan  $T = 1.5$  dt.



Gambar 7. Grafik profil kemiringan stabil pantai pasir buatan antara  $gT/2\pi\omega$  dan profil kemiringan stabil (nf)



Gambar 8. Grafik profil kemiringan stabil pantai pasir buatan antara  $H_0/\omega T$  dan profil kemiringan stabil (1:nf)

Dari hasil pengamatan, pada profil kemiringan yang cenderung semakin curam (terjadi penumpukan pada bagian atas, lokasi daerah gelombang pecah akan maju mendekati garis pantai) sehingga dapat disebut erosi.

Pada Gambar 8 juga disajikan hasil analisa berupa grafik parameter tak berdimensi antara  $H_0/\omega T$  dan profil kemiringan stabil (1:nf), pada gambar tersebut terlihat bahwa periode ge-

lombang dan tinggi gelombang berpengaruh terhadap profil kemiringan stabil pantai pasir buatan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Periode gelombang ( $T$ ) berpengaruh signifikan terhadap bentuk profil kemiringan stabil ( $nf$ ) pada pantai pasir buatan. Pada hasil penelitian menunjukkan semakin besar periode gelombang profil kemiringan stabil akan semakin landai. Perubahan profil kemiringan menunjukkan bahwa pada kondisi periode gelombang  $T = 1$  dt., profil kemiringan pantai pasir buatan stabil akan menjadi  $nf \pm 14$ . Pada  $T = 1 - 4$  dt., profil kemiringan pantai pasir buatan stabil akan berkisar antara  $nf = 4$  sampai dengan  $nf = 14$ .

Diperlukan penelitian yang lebih mendetail tentang pengaruh gelombang terhadap profil kemiringan pada pantai pasir buatan stabil yang bervariasi sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan pantai pasir buatan yang aman terhadap serangan gelombang.

## DAFTAR PUSTAKA

- CEM. (2001). *The Coastal Engineering Manual*. Department of the Army, US Army Corps of Engineers, Washington DC.
- CUR. (1987). *Manual on Artificial Beach Nourishment*. Centre for Civil Engineering Research, Codes and Specification Rijkswaterstaat, Delft Hydraulics.
- Dean R.G., Dalrymple R.A. (1991). *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists*. Cambridge University Press.
- Dean R.G., Dalrymple R.A. (2002) *Coastal Processes*, Cambridge University Press.
- Horikawa K. (1978). *Coastal Engineering, an Introduction to Ocean Engineering*. University of Tokyo.
- Noortwijk, J.M., E.B. Peerbolte. (2000). "Optimal Sand Nourishment Decision." *ASCE Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering* Vol. 126, No.1.
- Silvester R. (1974). *Coastal Engineering 1*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam - Oxford - New York, 1974.
- Setyandito, 0., Yuwono N. (2008). "Kajian Stabilitas Kemiringan Pantai Pasir Buatan ( $n = 10$ ) Akibat Gelombang." *Jurnal Teknik Sipil, Vol.8, No. 2, Edisi Februari*, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Setyandito, 0., Yuwono N., Triatmaja R., Nizam. (2008). "Kajian Stabilitas Kemiringan Pantai Pasir Buatan Akibat Serangan Gelombang (Uji Model 2-D), sebagai Pendukung Perancangan Perlindungan Alami Daerah Pantai." *Proceeding Konfe-*

- rensi Teknik Sipil (Konteks 1) 6 – 7 Juni 2008*, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Van Rijn L.C. (1998). *Principles of Coastal Morphology*. University of Utrecht, Department of Physical Geography, the Netherlands.
- Yuwono, N. (1996). *Perencanaan Model Hidraulik, Laboratorium Hidraulik dan Hidrologi*. Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Yuwono, N. (2004). *Pedoman Teknis Perencanaan Pantai Buatan (Artificial Beach Nourishment)*. Pusat Antar Universitas, Uni-versitas Gadjah Mada Yogyakarta.