

KAJIAN STABILITAS KEMIRINGAN PANTAI PASIR BUATAN (n = 1:10) AKIBAT GELOMBANG

Oki Setyandito

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat
Jl. Majapahit No. 62 Mataram
Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
email : oki_setyandito@yahoo.com

Nur Yuwono

Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
email : nuryuwono@tsipil.ugm.ac.id

ABSTRAKSI

Beberapa negara termasuk Indonesia pada saat ini giat dalam mengembangkan kawasan pesisir (daerah pantai), terutama untuk tujuan mengamankan daerah pantai dari permasalahan erosi dan untuk kepentingan kawasan pariwisata. Salah satu perlindungan pantai alami adalah dengan pembangunan pantai pasir buatan (*artificial beach nourishment*). Masih banyak diperlukan suatu kajian yang lebih mendalam mengenai stabilitas pantai pasir buatan dengan karakteristik yang berbeda-beda, terutama yang disesuaikan dengan keadaan di Indonesia.

Penelitian stabilitas pantai pasir buatan ini dilakukan berdasarkan pendekatan teoritis dan eksperimental. Penelitian dilakukan dengan pemodelan fisik di laboratorium, dengan menggunakan alat berupa saluran gelombang dengan model kemiringan pantai pasir buatan, dengan *wave generator* yang dapat membangkitkan gelombang regular. Kemiringan pantai pasir buatan yang digunakan adalah $n = 1 : 10$ dengan variasi T antara 1-3 detik, serta variasi kedalaman air.

Hasil *running* pada pantai pasir buatan menunjukkan perubahan kemiringan pantai dari $n=10$ menjadi semakin curam yaitu $n=6$ (kondisi MSL), dan $n = 6$ (kondisi LWL). Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penumpukan sedimen di bagian atas kemiringan (akresi). Pada kemiringan $n = 4$ sampai dengan $n=6$, pantai pasir buatan akan stabil. Pada kondisi stroke dan variasi yang sama, semakin besar tinggi gelombang datang (H_i) maka perubahan kemiringan n akan semakin stabil yaitu pada kemiringan antara $n = 5$ s/d $n = 6$. Hal ini ditunjukkan pada kondisi $H_i > 2,85$ cm dan $T = 2,5$ dt., perubahan kemiringan yang terjadi, stabil pada $n = 5,5 - 6$.

Kata kunci: gelombang, stabilitas kemiringan, pantai pasir buatan, perubahan kemiringan

ABSTRACT

Nowadays, some countries including Indonesia are developing their coastal areas, for tourism and coast protection from erosion. One of natural coast protection methods is artificial beach nourishment. However, in applying this method, further studies still needed regarding sands stability of different artificial beach's characteristics, especially for situation in Indonesia.

The research of artificial beach stability was using theoretical and eksperimental approach. Physical model was applied in a laboratory, using wave channel (Tilting Flume), artificial sand beach model and wave generator to produce regular wave. The slope of artificial beach being used was $n = 1:10$ with variation of T (among 1-3 seconds), and variation of water depth (d). The Result showed the changing of beach slope which became steeper, $n = 4$ up until $n=6$ (at MSL condition), and $n = 3$ up until $n = 6$ (at LWL condition). This fenomena indicates that sedimentation was occurred on the top of the slope (acresion). In MSL condition, artificial sand beach model reached its stability between $n = 4$ and $n = 6$. At the same condition of stroke and variation, the higher the incoming wave (H_i) the more stable the changing of slope, which is the slope between $n = 5$ to $n = 6$. It was shown by the condition of $H_i > 2,85$ cm. and of $T = 2,5$ second, change of slope that occurred will reached its stability at $n = 5,5$ to $n = 6$.

Keywords: wave, slope stability, artificial beach nourishment, changing of slopes

1. PENDAHULUAN

Beberapa negara termasuk Indonesia pada saat ini giat dalam mengembangkan kawasan pesisir (daerah pantai), terutama untuk tujuan mengamankan daerah pantai dari permasalahan erosi dan untuk kepentingan kawasan pariwisata. Alam pada umumnya telah menyediakan mekanisme perlindungan pantai secara alami. Salah satu perlindungan pantai secara alami tersebut adalah dengan pembangunan pantai pasir buatan (*artificial beach nourishment*).

Pantai pasir buatan biasanya juga difungsikan untuk keperluan pariwisata bahari. Pengisian pasir untuk pengembangan kawasan wisata merupakan salah satu pilihan bilamana kawasan yang dibutuhkan adalah pantai pasir (*beach*) dan lahan pasir yang sudah ada sulit atau tidak mungkin untuk diperlebar ke arah daratan. Pada Gambar 1 diperlihatkan beberapa contoh pantai pasir buatan untuk keperluan wisata, yaitu pantai pasir buatan di Sanur Bali.

Erchinger (1984), dalam Van Rijn (1998), merumuskan bahwa tujuan utama dari pembuatan pantai pasir buatan antara lain:

- a. pembuatan dan atau restorasi pantai rekreasi,
- b. reklamasi pantai,
- c. pemeliharaan garis pantai (terhadap *chronic erosion* atau *lee-side erosion*),
- d. pengurangan energi gelombang datang ke pantai atau *dune*.

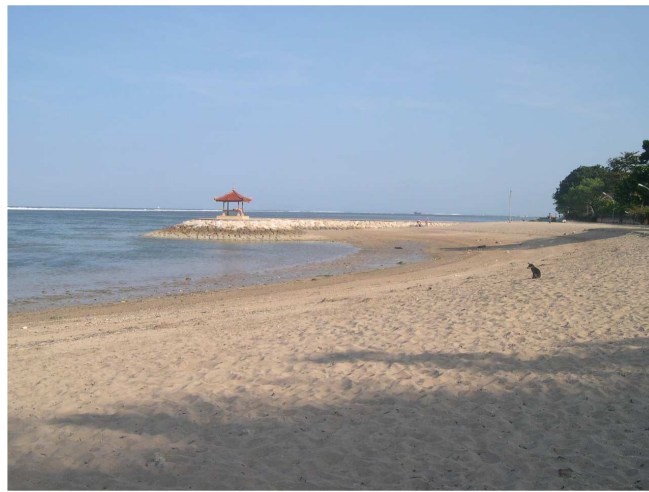
Untuk menjaga agar lahan pasir yang telah terbentuk pada pantai pasir buatan tidak terbawa oleh arus dan aman terhadap gempuran gelombang, maka perlu dilakukan pengamanan terhadap lahan pasir hasil kegiatan pengisian pasir *sand nourishment* tersebut. Pengamanan terhadap lahan pasir hasil kegiatan *sand nourishment* ini biasanya dilakukan dengan pembuatan *jetty* dan groin atau *krib* sejajar pantai.

Permasalahan yang signifikan dalam mendesain pantai pasir buatan adalah memprediksi lama waktu pengisian pasir serta keseimbangan profil dan bentuk pantai pasir buatan. Pada pengisian pantai pasir buatan, pasir biasanya diletakkan dipantai dengan kemiringan yang lebih curam daripada profil pantai pada kondisi seimbang. Pada tulisan ini, penelitian yang dikaji adalah mengenai stabilitas kemiringan pada pantai pasir buatan, terutama stabilitas kemiringan pantai pasir buatan dengan kemiringan 1:10 terhadap serangan gelombang.

2. PANTAI PASIR BUATAN BESERTA APLIKASINYA PADA PERKEMBANGAN DAERAH PANTAI

Pembuatan pantai pasir buatan (*artificial beach nourishment*) dilakukan dengan tujuan penambahan luasan lahan di daratan yang akan digunakan antara lain seperti pengisian pasir

pantai buatan untuk tujuan pariwisata. Beberapa peneliti telah mengkaji tentang pembangunan pantai pasir buatan di beberapa tempat dan karakteristiknya. Verhagen (1990), dalam Cooney B.C., dkk. (2003) mengatakan bahwa memungkinkan saja bila ada yang mengatakan pantai pasir buatan adalah “produk dari industri pengerukan (*dredging industry*)” karena pasir dari saluran yang dikeruk dan juga dengan terjadinya erosi pantai, menjadikan pantai pasir buatan sebagai alternatif andalan untuk perlindungan pantai. Garis pantai dapat berubah bentuk dan posisinya (maju atau mundur dari lokasi referensi) sesuai dengan gelombang yang menyerang. Jika suatu daerah tererosi, maka di daerah yang lain akan terjadi sedimentasi karena transport sedimen yang tererosi berpindah ke tempat lain. Banyak peneliti lain yang telah meneliti mengenai pantai pasir buatan, antara lain Hanson dkk. (2002)



Gambar 1. Contoh Lahan Hasil Pengisian Pasir di Sanur, Bali. (Yuwono 2004)

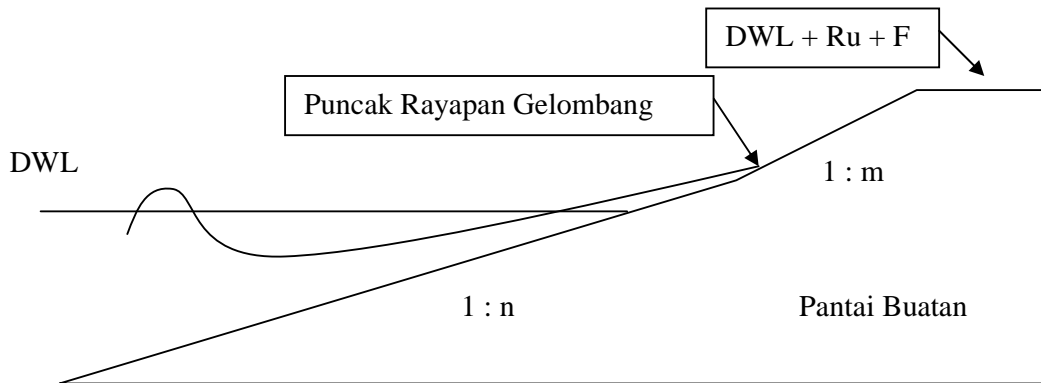
2.1. Kelandaian (*Slope*) Pantai Pasir Buatan

Cara 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 2. dan Tabel 1. (Wiegel 1964, dalam Yuwono 2004).

Christiansen (1977) dalam CUR (1987) mengusulkan landai pasir rencana seperti terlihat pada Tabel 2.

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

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



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 2. Hubungan Antara Kelandaian Pantai dan Diameter Pasir (Wiegel 1964, dalam Yuwono 2004).

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

Diameter Butiran	Kelandaian Pantai	
	n	M
0,15 – 0,2	100 – 60	35 – 30
0,2 – 0,3	60 – 50	
0,3 – 0,4	50 – 40	
0,4 – 0,5	40 - 35	

2.2. Stabilitas Pantai Pasir Buatan

Beberapa hal yang mempengaruhi stabilitas pantai pasir buatan diantaranya adalah:

- kelandaian pantai,
- kualitas dan kuantitas gempuran gelombang serta besarnya volume dan kecepatan erosi,
- transport sedimen yang stabil (antara akresi dan erosi),
- lokasi dan bentuk struktur pelindung pantai,
- 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. 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 m³/m/tahun, diameter pasir antar 0.15 mm.dan 0.3 mm, yang dilakukan disepanjang pantai di negara Belanda dengan tinggi pasang surut sekitar 2 m.

3. TEORI GELOMBANG DAN TRANSPORT OLEH GELOMBANG

3.1. Gelombang

Teori gelombang linier didasarkan pada anggapan air laut adalah sebagai fluida ideal, sehingga aliran yang terjadi bersifat irrotasional. 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) adalah bahwa amplitude gelombang kecil dibandingkan dengan kedalaman air maupun panjang gelombang. Beberapa hasil dari teori gelombang linier adalah sebagai berikut.

$$\text{Panjang gelombang} \quad L = \frac{g}{2\pi} T^2 \tanh \frac{2\pi}{L} h \quad (1)$$

$$\text{Kecepatan rambat} \quad C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi}{L} h \quad (2)$$

$$\text{Fungsi potensial kecepatan:} \quad \phi = \frac{ag}{\sigma} \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} \sin(kx - \sigma t) \quad (3)$$

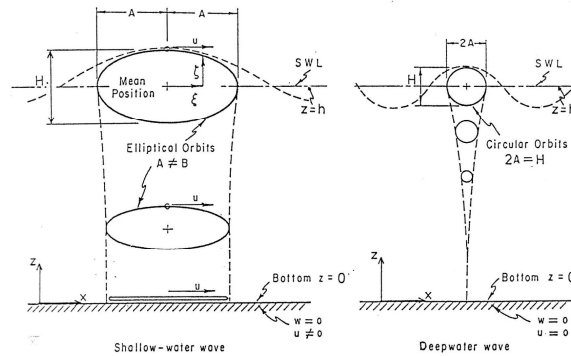
$$\text{Kecepatan horisontal:} \quad u = a\sigma \frac{\cosh k(z+h)}{\sinh kh} \cos(kx - \sigma t) \quad (4)$$

$$\text{Kecepatan vertikal:} \quad w = a\sigma \frac{\cosh k(z+h)}{\sinh kh} \sin(kx - \sigma t) \quad (5)$$

dengan :

- a = amplitude gelombang (= H/2),
- H = tinggi gelombang,
- k = angka gelombang (*wave number* = $2\pi/L$),
- L = panjang gelombang,
- g = percepatan gravitasi,
- h = kedalaman air,
- σ = frekuensi angular (= $2\pi/T$),
- T = periode gelombang,
- ρ = massa jenis air.

Perpindahan partikel air pada tinggi gelombang air dalam dan dangkal ditunjukkan pada Gambar 3. Pada daerah kedalaman air dalam, efek gelombang tidak sampai ke dasar laut; pada daerah kedalaman air dangkal, air menghasilkan gerakan osilasi keseluruhan kedalaman. Pada area dekat permukaan, partikel air membentuk pola berbentuk elips, sedangkan di dekat dasar, partikel air membuat gerakan osilasi horizontal.



Gambar 3. Gerakan Orbital dibawah Gelombang di Kedalaman Air Dangkal dan Air Dalam (Shore Protection Manual, 1984)

3.2. Gelombang Pecah

Di daerah *surf zone*, karena kedalaman pantai semakin dangkal, akan terjadi gelombang pecah. Daerah ini menjadi sangat penting, karena pada daerah ini sebagian besar energi pembentuk pantai diperoleh. Berdasar data dari pengamatan Galvin, Battjes (1974) menyimpulkan bahwa tipe gelombang pecah dengan parameter similaritas pantai (*offshore similarity parameter*) ξ_0 :

$$\xi_0 = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_0 / L_0}} \quad (6)$$

dimana:

α = kelandaian pantai.

Dengan parameter tersebut diatas, tipe gelombang pecah dapat dibedakan sebagai berikut:

- $0 < \xi_0 < 0.5$: *spilling*,
- $0.5 < \xi_0 < 3.3$: *plunging*,
- $\xi_0 < 3.3$: *surgings* atau *collapsing*.

Berdasarkan analisa Miche, dalam Nizam (1994), gelombang akan pecah apabila memenuhi kriteria berikut:

$$H_B / L_B = 0.142 \tanh(2\pi h_B / L_B) \quad (7)$$

Dari analisa tersebut, untuk air dangkal (landai) akan didapatkan perbandingan antara tinggi gelombang dan kedalaman air (*breaker index* γ_B) sekitar 0.78. Perbandingan tinggi gelombang pecah dan kedalaman air disebut juga indeks pecah (γ_B), :

$$\gamma_B = H_B / d_B \quad (8)$$

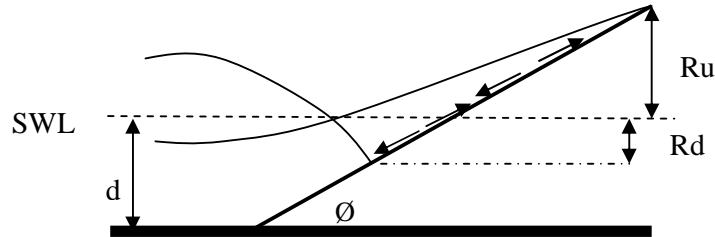
dengan :

- H_B = Tinggi gelombang pecah
- d_B = Kedalaman air untuk gelombang pecah

3.3. Run-up dan Run-down

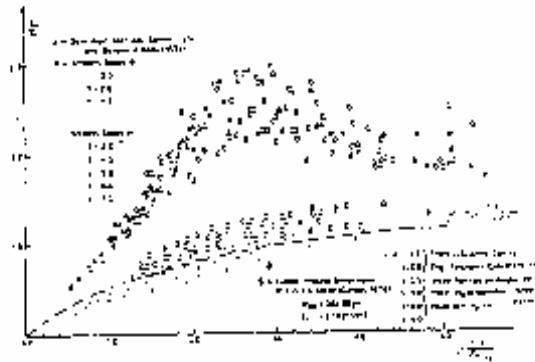
Run-up gelombang terjadi pada saat gelombang datang bergerak menuju ke pantai dan membentur kemiringan garis pantai atau bangunan pelindung pantai maka sebagian energi

gelombang akan diubah menjadi gerakan air yang meluncur ke arah lereng bangunan. Setelah mencapai elevasi maksimum, akan terjadi aliran balik yang disebut *run-down* akibat gaya gravitasi. *Run-down* akan terus berlangsung sampai datang *run-up* dari gelombang berikutnya atau *run-down* mencapai lembah dari gelombang berikutnya. Tinggi elevasi *run-up* dan *run-down* diukur secara vertikal dari muka air rerata seperti gambar 4.



Gambar 4. Definisi run-up dan run-down

Berdasarkan penelitian Battjes & Roos (1974) dan *Technical Advisory Comitee* (1974), diperoleh grafik tinggi run up yang disajikan pada gambar 5. dibawah ini.



Gambar 5. Grafik Hubungan antara Ru/H dan Irr , Gelombang Run Up pada Sisi Miring yang Halus dan Permiabel Battjes & Roos (1974). Dalam Yuwono 1990)

4. METODOLOGI PENELITIAN

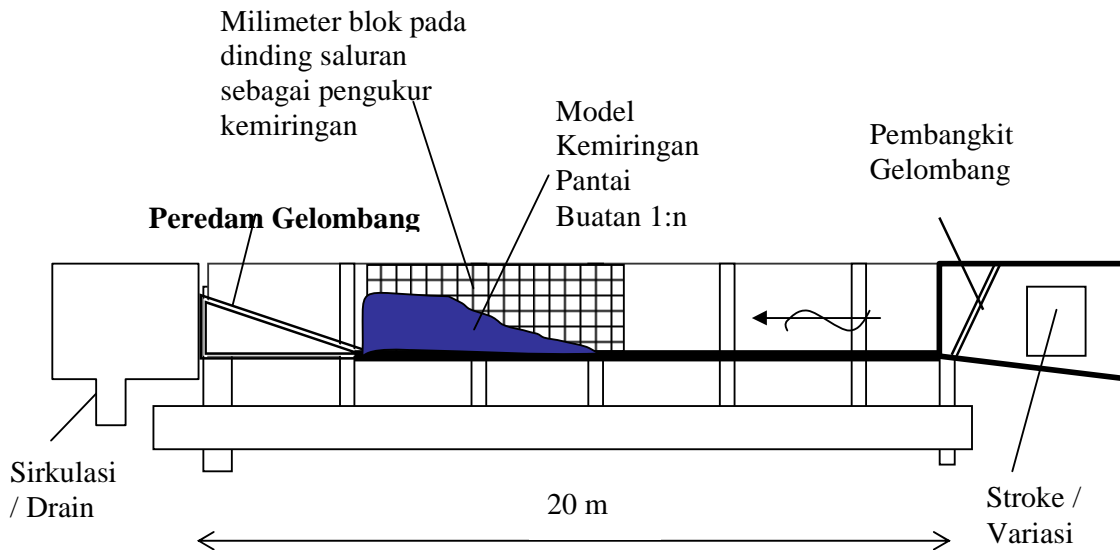
4.1. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan dalam penelitian dasar ini adalah meliputi tinjauan pustaka dan landasan teori yang merupakan hal penting yang harus dilakukan untuk memberikan masukan-masukan dan dasar acuan dari permasalahan-permasalahan yang ada dan tujuan penelitian. Penelitian dilakukan berdasarkan pendekatan teoritis dan eksperimental.

Penelitian ini menggunakan alat berupa saluran gelombang dengan *wave generator* yang dapat membangkitkan gelombang regular (Gambar 6),serta didukung oleh program Surver untuk menggambarkan profil pasir hasil eksperimen. Saluran gelombang tersebut mempunyai saluran sepanjang sekitar 18 m., lebar 0,3 m. dan tinggi 0,45 m. Saluran gelombang dilengkapi dengan sebuah pembangkit gelombang dan peredam gelombang,

dengan *stroke* serta variasi untuk pengatur gelombang regular yang dibangkitkan sesuai rencana. (Gambar 6.)

Bahan yang digunakan adalah material pasir buatan yang nantinya akan digunakan untuk pembuatan pantai pasir buatan dengan pasir laboratorium berdiameter $D_{50} = 0.55$ mm. Bahan material tersebut dimasukkan ke dalam saluran gelombang yang ada, dan didesain sesuai dengan kemiringan pantai buatan yang direncanakan. Rancangan prosedur penelitian disusun mengikuti bagan alir seperti pada Gambar 7.



Gambar 6. Saluran Gelombang yang Digunakan dalam Uji Model Fisik Stabilitas Kemiringan Pantai Pasir Buatan

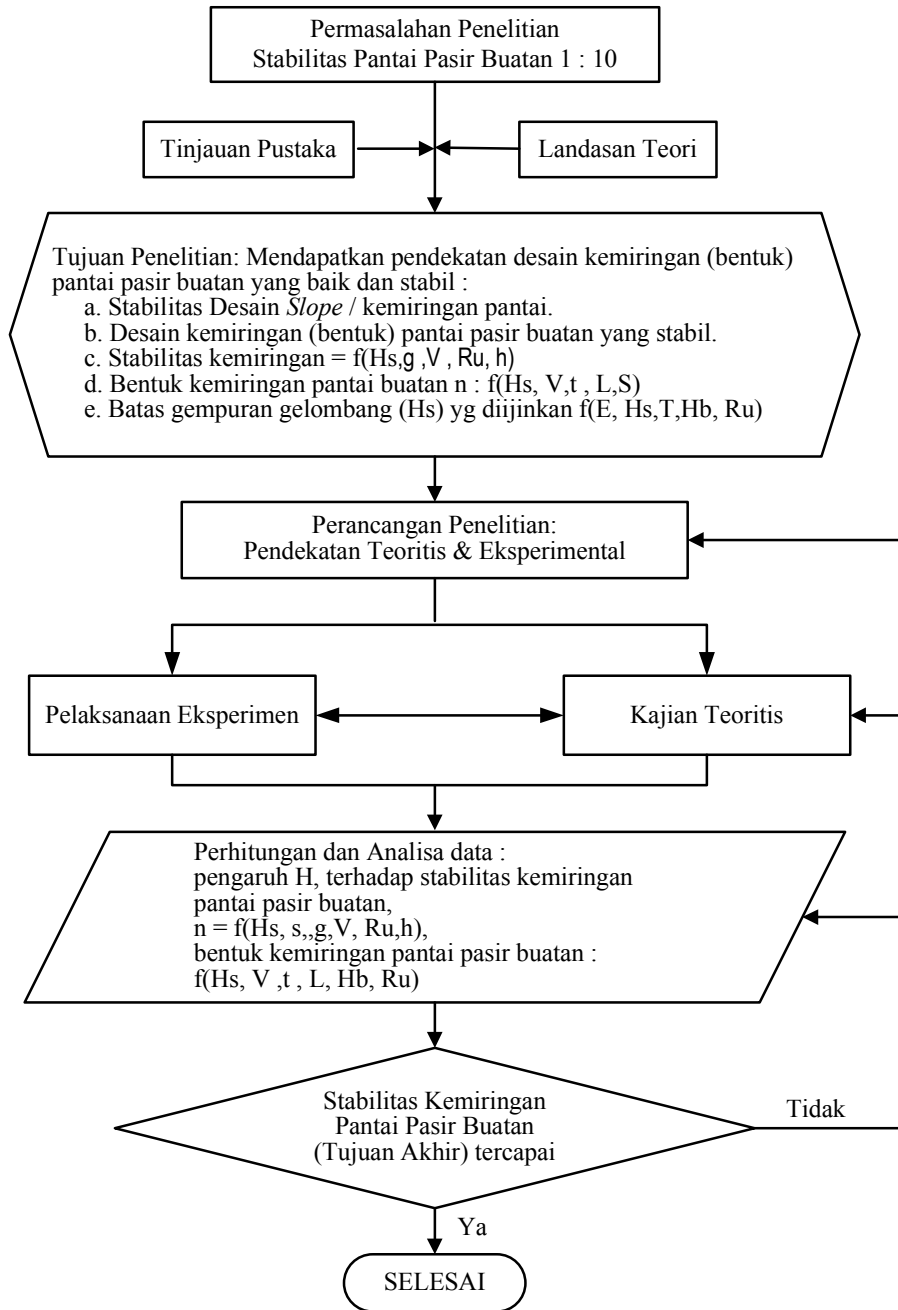
5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Tinggi Gelombang

Tinggi gelombang datang (H_i) diperoleh dari hasil perhitungan berdasarkan data pengukuran gelombang. Data tinggi gelombang, dan periode gelombang diperoleh dari pengukuran langsung yang dilakukan pada 30 titik pengamatan yang telah ditentukan. Gelombang datang (H_i) diperoleh dengan menjumlahkan H_{max} dan H_{min} kemudian dibagi 2. Hasil pengukuran tinggi gelombang dapat dilihat pada tabel 3. pada lampiran.

5.2. Perubahan Kemiringan (n) Pantai pasir Buatan Akibat Gelombang

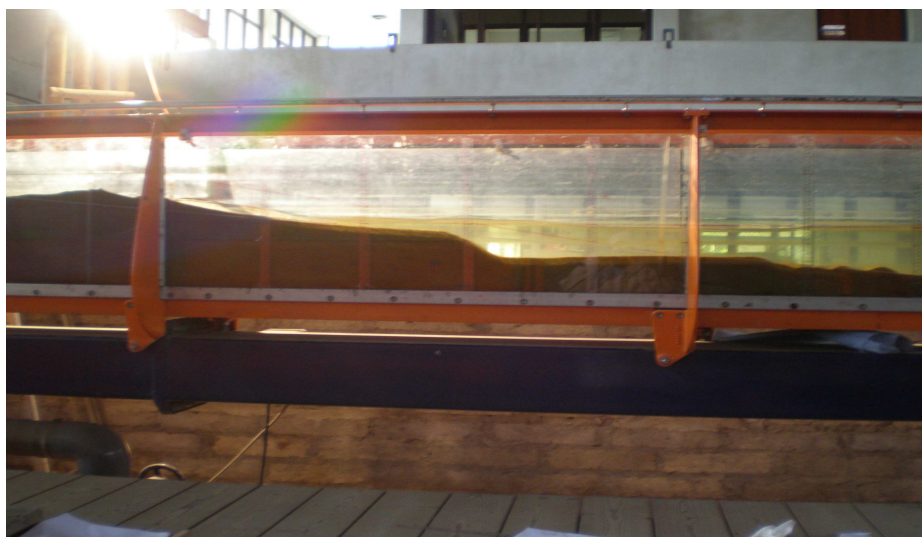
Hasil *running* perubahan kemiringan pada pantai pasir buatan kemiringan 1:10 dapat dilihat pada Gambar 8. dan Gambar 9. Pada gambar tersebut diperoleh bahwa terdapat perubahan kemiringan pada kemiringan $n = 1:10$ menjadi $n = 1:4$ sampai dengan $n = 1 : 6$.



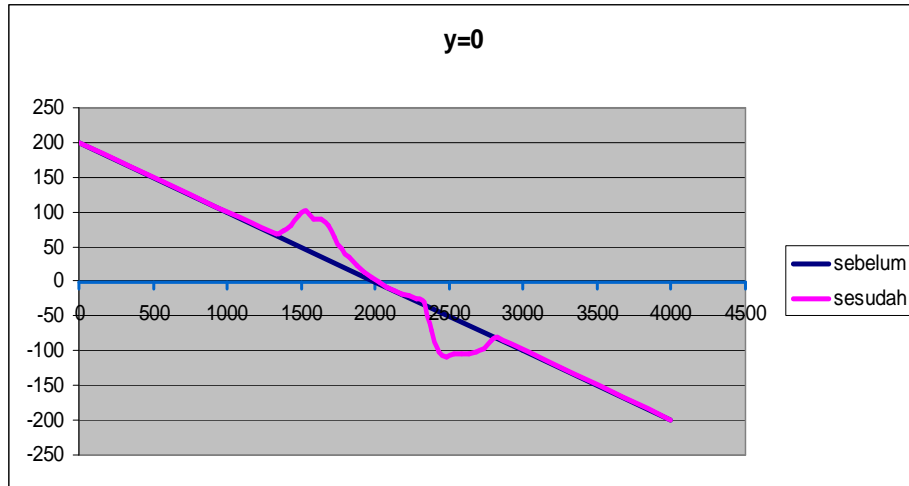
Gambar 7. Bagan Alir Rancangan Prosedur Penelitian Stabilitas Kemiringan Pantai Pasir Buatan



Gambar 8. Profil Kemiringan Pantai Pasir Buatan pada Kondisi awal dengan $T=2.5$ (kemiringan 1:10)



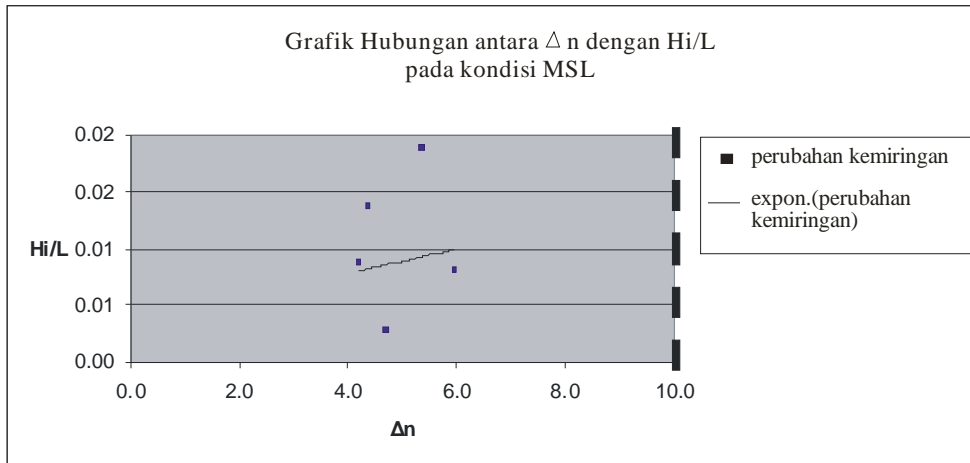
Gambar 9. Profil Perubahan Kemiringan Pantai Pasir Buatan pada Kondisi Stabil dengan $T=2.5$ (kemiringan 1:10)



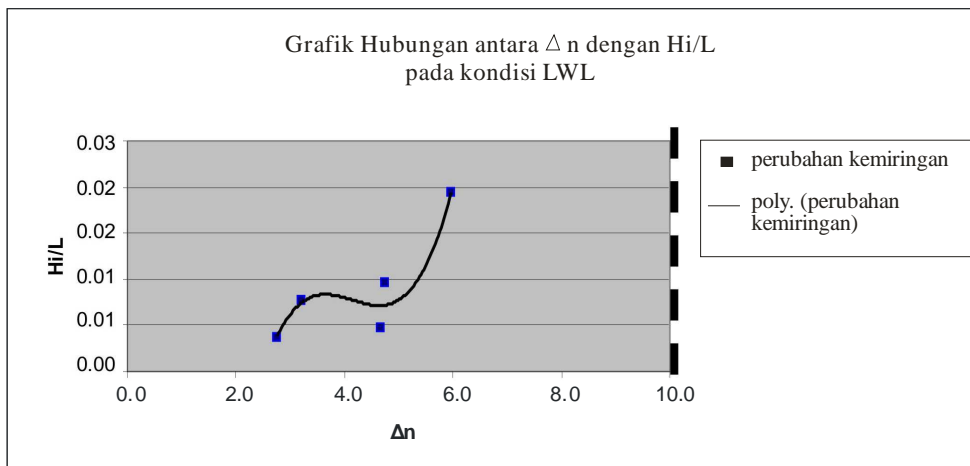
Gambar 10. Grafik Perubahan Profil pada Kondisi MSL dengan T=2.5 detik (kemiringan 1:10)

Tabel 3. Contoh Hasil Analisa Perubahan Kemiringan Pantai Pasir Buatan

KEMIRINGAN 1:10						
T	kondisi	Δn	H_i/L	$H_i/g.T^2$	d / L	$L/g.T^2$
1	MSL 5	5.351	0.019	0.270	0.143	0.143
1.5	MSL 5	4.196	0.009	0.084	0.095	0.095
2	MSL 5	4.392	0.014	0.098	0.071	0.071
2.5	MSL 5	5.957	0.008	0.046	0.057	0.057
3	MSL 5	4.705	0.003	0.014	0.048	0.048
T	kondisi	Δn	H_i/L	$H_i/g.T^2$	d / L	$L/g.T^2$
1	LWL 2	5.968	0.019	0.255	0.132	0.132
1.5	LWL 2	4.758	0.010	0.084	0.088	0.088
2	LWL 2	3.214	0.008	0.051	0.066	0.066
2.5	LWL 2	2.753	0.004	0.020	0.053	0.053
3	LWL 2	4.679	0.005	0.021	0.044	0.044



Gambar 11. Grafik Hubungan antara Hi/L Perubahan Kemiringan n (kemiringan awal: 1:10)



Gambar 12. Grafik Hubungan antara Hi/gT^2 Perubahan Kemiringan n (kemiringan awal: 1:10)

Pada grafik Gambar 11 dan Gambar 12 diatas terlihat bahwa pada $T = 1$ perubahan kemiringan yang terjadi adalah berkisar antara $n = 4$ sampai dengan $n = 6$, semakin tinggi periode gelombang, perubahan kemiringan n akan semakin curam ($n = 2 - 4$). Hal tersebut terjadi pada kondisi tinggi gelombang (H_i) yang sama.

6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini.

- Hasil running pada pantai pasir buatan dengan kemiringan $n=10$ diperoleh bahwa perubahan kemiringan yang terjadi akan semakin curam yaitu diantara $n = 4$ sampai dengan $n = 6$ pada kondisi MSL, dan menjadi $n = 3$ sampai dengan $n = 6$ pada kondisi LWL. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penumpukan sedimen di bagian atas kemiringan atau terjadi akresi.

- b) Pada pantai pasir buatan dengan $n = 10$ dan saat MSL, akan stabil pada kemiringan pantai pasir buatan $n = 4 - 6$. Pada kondisi stroke dan variasi yang sama semakin besar tinggi gelombang datang (H_i), perubahan kemiringan n akan semakin stabil yaitu pada kemiringan antara $n = 5$ s/d $n = 6$. hal ini ditunjukkan bahwa pada kondisi $H_i > 2,85$ cm dan $T = 2,5$, perubahan kemiringan yang terjadi, stabil pada kemiringan $n = 5,5 - 6$.
- c) 3. Dari grafik hubungan antara H_i/gT^2 dan perubahan kemiringan n diperoleh bahwa pada kondisi stroke dan variasi yang sama, semakin kecil periode gelombang (T), pada kondisi MSL dan LWL, pada kemiringan pantai pasir buatan $n = 1 : 10$ terjadi perubahan kemiringan berkisar antara $n = 4$ sampai dengan $n = 6$, semakin tinggi periode gelombang, perubahan kemiringan n akan semakin curam.
- d) Diperlukan variasi tinggi gelombang dan periode gelombang yang lebih banyak untuk lebih mengetahui lebih mendetail tentang stabilitas dan perubahan – perubahan kemiringan yang terjadi pada pantai pasir buatan.

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., 2002, *Coastal Processes*, Cambridge University Press.
- Horikawa K., 1978, *Coastal Engineering, an Introduction to Ocean Engineering*, University of Tokyo.
- Nizam, 1994, Proses Kepantaian, program Pasca Sarjana , Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Otten, C.J., P.Bakker, M. Meijer, 2006, *Reduction of Hurricane Impact by Re-creation of Marshlands and Barrier Islands*, Terra Et Aqua, IADC Journal, Number 105, December 2006.
- Shore Protection Manual*, (1984), *Department of the Army, US Army Corps of Engineers*, Washington DC.
- US Army Corps of Engineers, 1995, *Design of Beach Fill*, American Society of Civil Engineers, Washington DC.
- 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, Kumpulan Karya Ilmiah Teknik Pantai dan Pelabuhan, Pusat Antar Universitas, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Yuwono, N., 2004, Pedoman Teknis Perencanaan Pantai Buatan (*Artificial Beach Nourishment*), Pusat Antar Universitas, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

LAMPIRAN

Tabel 4. Contoh Hasil Pengukuran dan Analisa Tinggi Gelombang, Panjang Gelombang

T = 1
T² = 1

No.	Kondisi	Hi (cm)	Hi (m)	Hr	Kr	Lo	L	d / Lo	Ks	H'o (Ho*Kr)	Ho	g	T ²	g.T ²	Ho/g.T ²	Hi/Ho	Δn	Hi/L	Hi/g.T ²
1	MSL 1	2.45	0.02	0.55	0.22	1.56	1.40	0.13	0.92	2.67	2.67	9.81	1.00	9.81	0.27	0.92	4.63	0.017	0.25
2	LWL	2.75	0.03	0.55	0.20	1.56	1.29	0.11	0.93	2.97	2.97	9.81	1.00	9.81	0.30	0.93	3.99	0.021	0.28
3	MSL 2	3.05	0.03	0.35	0.11	1.56	1.40	0.13	0.92	3.33	3.33	9.81	1.00	9.81	0.34	0.92	5.12	0.022	0.31
4	HWL 1	3.15	0.03	0.45	0.14	1.56	1.50	0.15	0.91	3.45	3.45	9.81	1.00	9.81	0.35	0.91	5.73	0.021	0.32
5	MSL 3	2.20	0.02	0.60	0.27	1.56	1.40	0.13	0.92	2.40	2.40	9.81	1.00	9.81	0.24	0.92	4.90	0.016	0.22
6	LWL	2.50	0.03	0.30	0.12	1.56	1.29	0.11	0.93	2.70	2.70	9.81	1.00	9.81	0.27	0.93	5.97	0.019	0.25
7	MSL 4	2.55	0.03	0.55	0.22	1.56	1.40	0.13	0.92	2.78	2.78	9.81	1.00	9.81	0.28	0.92	5.55	0.018	0.26
8	HWL 2	3.20	0.03	0.20	0.06	1.56	1.50	0.15	0.91	3.50	3.50	9.81	1.00	9.81	0.36	0.91	5.45	0.021	0.33
9	MSL 5	2.65	0.03	0.55	0.21	1.56	1.40	0.13	0.92	2.89	2.89	9.81	1.00	9.81	0.29	0.92	5.35	0.019	0.27

Tabel 5. Contoh Hasil Pengukuran dan Analisa Tinggi Gelombang, Panjang Gelombang

T = 2.5
T² = 6.25

No.	Kondisi	Hi	Hi (m)	Hr	Kr	Lo	L	d / Lo	Ks	H'o (Ho*Kr)	Ho	g	T ²	g.T ²	Ho/g.T ²	Hi/Ho	Δn	Hi/L	Hi/g.T ²
1	MSL 1	3.40	0.03	1.00	0.29	9.75	3.50	0.02	1.23	2.77	2.77	9.81	6.25	61.31	0.05	1.23	5.38	0.010	0.06
2	LWL	2.80	0.03	1.30	0.46	9.75	3.23	0.02	1.27	2.20	2.20	9.81	6.25	61.31	0.04	1.27	2.78	0.009	0.05
3	MSL 2	2.65	0.03	1.05	0.40	9.75	3.50	0.02	1.23	2.16	2.16	9.81	6.25	61.31	0.04	1.23	4.49	0.008	0.04
4	HWL 1	2.90	0.03	0.70	0.24	9.75	3.76	0.02	1.19	2.44	2.44	9.81	6.25	61.31	0.04	1.19	5.85	0.008	0.05
5	MSL 3	3.15	0.03	0.85	0.27	9.75	3.50	0.02	1.23	2.57	2.57	9.81	6.25	61.31	0.04	1.23	5.35	0.009	0.05
6	LWL	1.20	0.01	0.80	0.67	9.75	3.23	0.02	1.27	0.94	0.94	9.81	6.25	61.31	0.02	1.27	2.75	0.004	0.02
7	MSL 4	2.85	0.03	1.15	0.40	9.75	3.50	0.02	1.23	2.33	2.33	9.81	6.25	61.31	0.04	1.23	4.93	0.008	0.05
8	HWL 2	2.85	0.03	0.85	0.30	9.75	3.76	0.02	1.19	2.40	2.40	9.81	6.25	61.31	0.04	1.19	6.42	0.008	0.05
9	MSL 5	2.85	0.03	0.75	0.26	9.75	3.50	0.02	1.23	2.33	2.33	9.81	6.25	61.31	0.04	1.23	5.96	0.008	0.05