

FORMULA ANGKA STABILITAS UNIT LAPIS LINDUNG PEMECAH GELOMBANG PADA KONDISI GELOMBANG TAK PECAH

Sriyana¹

Abstract : *The objective of research is to evaluate variables that influence the Number of stability (Ns), the breakwater armor units, such as height of wave, wave period, wave angle direction, layer coefficient, porosity. While the objective of this research is to get a new Number stability formula, it is $(H_s/D_n$ or N_s), at non breaking wave, that can be applied on all kinds of armor units breakwater. The research using physical model method, with the undistorted model, analysis of wave data Zero up crossing and regression analysis using least square method, with Mat Lab program, version 6.5.*

The result of this research are numbers of stability (Ns) armor units layer breakwater on non breaking wave. condition is :

$$N_s = 0,0874 P_o^{-4,1580} d^{0,0486} N^{-0,0278} C^{7,3935} (\cos q)^{0,5385} x_z^{-0,4640}$$

The evaluation result in comparing with the existing formula, such as, Hudson formula and Vander Meer formula, with armor units are type of stones, cube, tetrapod and dolos, it looks that in new formula, stability number (Ns) is the smallest number, so it is the most reliable or optimal, compare with Vander Meer formula, also Hudson. Formula at slope angle of the structure (cot 1,5), until slope angle of the structure (cot 3).

Number of stability graphic (Ns) for non breaking wave, that the number of stability being bigger, in a row to the number of (H/L) value, a d being smaller in increasing angle wave direction for slope (cot 1,5), (cot 2,5) and (cot 3)..

Key words : *New formula, stability number, armor units. Non breaking Wave*

I PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Kegagalan suatu struktur bangunan dapat ditinjau dari berbagai aspek diantaranya aspek perencanaan, aspek konstruksi dan aspek lingkungan. Ditinjau dari aspek perencanaan bahwa hasil perencanaan harus aman dan ekonomis, maka dalam penggunaan suatu formula harus mempertimbangkan sejauh mana keandalan dari formula tersebut. Seperti terjadinya kegagalan bangunan pemecah gelombang di pelabuhan Sines Pantai Atlantik, Portugal bahwa kegagalan diakibatkan karena tidak memperhitungkan periode gelombang panjang (*long period waves*), saat pelaksanaan model test mengabaikan adanya kelompok gelombang (*wave grouping*), tidak

menggunakan gelombang tak teratur (*irregular wave*) dan pengaruh refleksi gelombang diabaikan (CERC, 1978). Apabila dalam perencanaan stabilitas unit lapis lindung pemecah gelombang akan menggunakan formula Hudson, agar struktur bangunan tidak rusak maka tinggi gelombang, harus dikalikan faktor 1,06 tinggi gelombang yang ada (Zwamborn dan Beute, 1978). Dengan demikian maka dalam perencanaan suatu bangunan pemecah gelombang harus berhati-hati dalam menggunakan formula berikut batasan batasannya.

Dalam menganalisis stabilitas lapis lindung pemecah gelombang ada beberapa variabel penting yang harus diperhatikan diantaranya kedalaman air, prosentase kerusakan, percepatan gravitasi, tinggi gelombang,

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil, FT - Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Tembalang, Semarang

karakteristik dimensi unit lapis lindung, kecepatan air, sudut kemiringan struktur, sudut datang gelombang, bentuk unit lapis lindung, kemiringan dasar, panjang gelombang, viskositas dinamik, kekasaran permukaan unit lapis lindung, rapat masa unit lapis lindung, rapat masa air laut (Hudson dkk, 1979). Gaya yang menahan dipengaruhi oleh beberapa variabel diantaranya berat unit lapis lindung, rapat masa, kemiringan, koefisien lapisan (saling mengunci), permeabilitas, tingkat kerusakan, penempatan acak dan tak acak, dan kondisi struktur ambang rendah (*overtopping*) dan ambang tinggi (*non overtopping*). Sedang gaya yang mendorong (menyerang) dipengaruhi oleh beberapa variabel diantaranya tinggi gelombang, periode gelombang, tipe gelombang pecah atau gelombang tak pecah, rapat masa air laut, sudut datang gelombang, dan jumlah gelombang.

Iribarren (1928), merumuskan bahwa angka stabilitas atau koefisien empirik (K) dapat diperoleh dengan menganggap gaya gesek material sebagai penahan benda stabil di tempatnya, pengaruh bentuk material terhadap stabilitas dimasukkan dalam koefisien gesek m , termasuk didalamnya sifat saling mengunci antara unit lapis lindung belum didefinisikan. Rumusan Iribarren menjelaskan bahwa berat lapis lindung berbanding lurus tinggi gelombang, koefisien empirik dan kerapatan relatif dan berbanding terbalik terhadap sudut kemiringan struktur dan kerapatan relatif.

Formula Hudson (1959), merupakan pengembangan dari formula Iribarren, untuk analisis stabilitas lapis lindung pemecah gelombang hanya memperhitungkan beberapa variabel yang dianggap dominan diantaranya berat lapis lindung, tinggi gelombang signifikan, berat jenis, rapat masa relatif, sudut kemiringan dan koefisien stabilitas (K_D). Nilai koefisien stabilitas (K_D), sangat relatif, dimana besaran tersebut mencakup variabel kekasaran dasar permukaan lapisan termasuk permeabel atau impermeabel, sifat saling mengunci (*interlocking*), bentuk material dan cara penempatan acak atau tak acak. Disini terlihat bahwa variabel variabel tersebut belum diinterpretasikan dengan jelas, baru sebagian yang diperhitungkan yaitu variabel

penempatan acak atau tak acak. Disamping itu apabila dikaitkan dengan nilai angka stabilitas (N_s), maka besaran angka stabilitas hanya tergantung pada nilai koefisien kerusakan (K_D) dan sudut kemiringan struktur. Dari formula yang telah dikemukakan tersebut nampak bahwa ada beberapa variabel yang masih diabaikan diantaranya variabel tingkat kerusakan, periode gelombang, jumlah gelombang, permeabilitas dan sudut datang gelombang.

Formula untuk menentukan angka stabilitas (N_s) unit lapis lindung pemecah gelombang yang berlaku untuk jenis lapis lindung batuan dibedakan tipe gelombang pecah (*plunging*) dan gelombang tak pecah (*surging*). Stabilitas minimum diperoleh dari nilai transisi perpotongan antara tipe gelombang dan gelombang tak pecah. (Van deer Meer, 1988a).

Untuk gelombang tak pecah (*surging*) bahwa angka stabilitas unit lapis lindung berat unit lapis lindung adalah berbanding lurus terhadap permeabilitas, tingkat kerusakan, jumlah gelombang, sudut kemiringan struktur dan angka Iribarren (*surf similarity*). Formula ini memperhitungkan variabel yang bersifat menyerang diantaranya tinggi gelombang, jumlah gelombang, periode gelombang, dan variabel yang menahan diantaranya sudut kemiringan struktur, permeabilitas. Pengujian Vander Meer (1988a), menunjukkan bahwa permeabilitas akan mempengaruhi stabilitas lapis lindung dan tergantung pada ukuran lapisan batuan, lapisan filter berikut inti (cor). Koefisien permeabilitas yang digunakan disini tidak mempunyai arti fisik, tetapi dimasukkan kedalam rumus untuk memastikan bahwa permeabilitas struktur tersebut sudah diperhitungkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar nilai permeabel pada lapisan batuan pada struktur maka stabilitas lapis lindung semakin lebih tinggi. Besaran permeabilitas berkisar antara 0,1 sampai 0,6, dan dapat meningkatkan stabilitas sebesar 35 persen. Disini belum ada acuan yang jelas untuk memilih nilai permeabilitas yang tepat (Dominic Reeve, dkk, 2004). Disamping formula untuk jenis unit lapis lindung batu, juga mengembangkan formula yang berlaku untuk jenis unit lapis lindung buatan yaitu kubus, tetrapod dan accropod,

dimana angka stabilitas hanya memperhitungkan tingkat kerusakan, jumlah gelombang tinggi gelombang dan panjang gelombang, dan belum memperhitungkan tipe gelombang pecah.

Lebih lanjut hasil penelitian dengan percobaan skala besar dimana angka stabilitas, adalah berbanding lurus faktor stabilitas upgrading, faktor stabilitas vander meer yang tergantung pada permeabilitas, tingkat kerusakan, jumlah gelombang, dan sudut kemiringan struktur dan berbanding terbalik terhadap angka iribarren (Pilarczyk, 1990). Formula ini merupakan kombinasi dengan formula Vander Meer dan berlaku untuk material batuan, dari formula yang dikemukakan tersebut nampak bahwa ada beberapa variabel yang masih diabaikan diantaranya variabel sudut datang gelombang.

Besaran angka stabilitas (N_s), disamping tergantung pada nilai koefisien kerusakan (K_D) dan sudut kemiringan struktur, juga tergantung pada sudut datang gelombang. (Yu-Xiu Yu, dkk, 2002). Formula ini merupakan modifikasi dari formula Hudson, dimana variabel sudut datang gelombang, mempunyai pengaruh terhadap stabilitas. Dari hasil penelitian, dijelaskan bahwa semakin besar atau tumpul sudut datang gelombang, maka kecenderungan semakin banyak yang rusak pada unit lindung buatan (tetrapod, dolos), tetapi untuk unit lapis lindung batu alam kerusakan kecenderungan tidak banyak perubahan.

Berdasarkan uraian dari berbagai formula seperti tersebut diatas maka selain variabel tipe gelombang, periode gelombang, jumlah gelombang, sudut datang gelombang, sudut kemiringan struktur, permeabilitas masih diperhitungkan secara parsial oleh peneliti sebelumnya, juga pengaruh variabel porositas, koefisien lapisan yang menginterpretasikan sifat saling mengunci (*interlocking*) belum diperhitungkan oleh peneliti sebelumnya.

Maksud penelitian ini adalah mendapatkan formula baru stabilitas lapis lindung pemecah gelombang akibat gelombang tak pecah..

Tujuan penelitian ini adalah menguji variabel-variabel yang mempengaruhi angka stabilitas (N_s), unit lapis lindung pemecah gelombang antara lain meliputi :Tinggi gelombang,

Periode gelombang, Sudut kemiringan struktur, Jumlah gelombang, Tingkat kerusakan, Sudut datang gelombang, Koefisien lapisan, dan Porositas..

II. METODE PENELITIAN

2.1. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pengkajian Teknik Pantai (LPTP) berupa Kolam Gelombang (*Wave Basin*) milik Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), dengan alamat Jalan Grafika Sekip Bulak sumur P.O. Box 42, Yogyakarta 55281. Indonesia. Telepon dan Fax : 0274 – 586239, 542789. Sedang waktu penelitian dilaksanakan selama kurang lebih 7 (bulan).

2.2. PELAKSANAAN PENELITIAN

Sesuai rancangan penelitian bahwa untuk running penelitian akan dilakukan disetiap perubahan variabel yaitu kemiringan 1 : 1 dan 1 : 2, perubahan sudut arah gelombang 0^0 , 15^0 , dan 30^0 , kemudian setiap perubahan jumlah gelombang (N) yaitu $N = 1000$ dan $N = 2500$. Kemudian setiap perubahan tinggi dan periode gelombang masing – masing $H = 12$ cm dan $H = 14$ cm dan periode $T = 1,1$ detik dan $T = 1,4$ detik. Masing – masing perubahan setiap parameter tersebut dilaksanakan dengan perulangan 3 (tiga) kali percobaan. Sehingga jumlah waktu yang dibutuhkan pada kondisi gelombang tak pecah adalah 3516 menit. Ulangi setiap perubahan variabel – variabel tersebut sehingga diperoleh 144 data untuk kondisi gelombang tak pecah.

2.3. ANALISIS DATA GELOMBANG LABORATORIUM

Untuk mendapatkan tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang, dihitung dengan menggunakan metode *zero upcrossing*. Urutan analisis metode tersebut adalah pertama tama tetapkan elevasi rerata dari permukaan air berdasarkan fluktuasi muka air pada waktu pencatatan, dimana muka air tersebut didefinisikan sebagai garis nol. Kemudian kurva gelombang ditelusuri dari awal sampai akhir.

Untuk keperluan penelitian ini tinggi dan periode gelombang signifikan adalah H_{33} atau

tinggi rerata dari 1/3 nilai tertinggi dari pencatatan gelombang; yang juga disebut sebagai tinggi gelombang signifikan. Cara yang sama juga digunakan untuk periode gelombang.

2.4. Mencari Porositas (P0) DAN KOEFISIEN LAPISAN (C)

Porositas (n), merupakan perbandingan antara volume rongga dengan volume keseluruhan.

$$n = \frac{V_v}{V} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- n = porositas
- V_v = volume rongga
- V = volume keseluruhan

Pengujian ini dilakukan pada benda uji tetrapod, kubus dan batu pecah, masing-masing dalam kondisi kering. Hitung koefisien

lapisan dengan rumus $C = \frac{t}{n \cdot Dn}$

2.5. PENURUNAN FORMULA STABILITAS.

2.5.1. Analisis Bilangan Tak berdimensi

Metode pendekatan yang digunakan dalam analisis dimensi adalah metode Buckimhan (phi theorema).

Hasil analisis bilangan tak berdimensi dapat dilihat pada Tabel 3.5 di bawah ini.

2.5.2. Formulasi Stabilitas

Variabel yang mempunyai pengaruh terhadap stabilitas adalah hubungan fungsional antara angka stabilitas dengan variabel surf similarity, porositas, tingkat kerusakan, jumlah gelombang, koefisien lapisan, sudut datang gelombang. Berdasarkan hasil seleksi variabel variabel yang mempengaruhi dalam analisis Stabilitas adalah variabel tanpa dimensi.

Secara matematis hubungan fungsional antara Ns dengan variabel P₀, d, N, C dan Cot α, Cos

Tabel 2 1. Jenis Variabel yang Berpengaruh

No	Jenis Variabel	Notasi	Rumus	Satuan
1	Tinggi gelombang Signifikan	H _s		M
2	Periode gelombang (<i>Zero Up Crossing</i>)	T _z		detik
3	Sudut kemiringan struktur	a		derajat
4	Rapat masa relatif	?	$\left(\frac{rs}{rw} - 1\right)$	-
5	Parameter <i>Surf Similarity</i>	? _z		
6	Wave Steepnees ($\frac{H}{L}$)	S _z	$x = \left(\frac{\tan a}{\sqrt{S_z}}\right)$	-
7		? _s	$S_z = \frac{2pH_s}{gT_z^2}$	kg/m3
8	Rapat masa lapis lindung	? _w	-	kg/m3
9	Rapat masa air	Dn	-	m
10	Diameter nominal	W	-	kg
11	Berat lapis lindung	P ₀	-	-
12	Porositas	d	-	-
13	Tingkat kerusakan	N	-	-
14	Jumlah Gelombang	C	-	-
15	Koef. lapisan	?	-	derajat
	Sudut datang gelombang		Cos ?	

Sumber : Analisis

θ, ξ_z), dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$N_s = f (P_0, d, N, C, \cot \alpha, \cos \theta, \xi_z) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

- $N_s = \frac{H_s}{\Delta D_n}$ = angka stabilitas
- $x = \left(\frac{\tan a}{\sqrt{S_z}} \right)$ = bilangan Iribarren
- D_n = diameter nominal
- $\cot a$ = sudut kemiringan struktur,
- d = tingkat kerusakan,
- P_0 = porositas,
- C = koef. lapisan,
- S_z = *Wave Steepness*
- N = jumlah gelombang,
- $\cos \theta$ = sudut datang gelombang,
- Δ = rapat masa relatif .

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1. TINGGI GELOMBANG DAN PERIODE GELOMBANG

Berdasarkan hasil running diperoleh hasil pencatatan gelombang sebanyak 144 data tipe gelombang tidak pecah.

Besaran tinggi gelombang dan periode gelombang signifikan yang digunakan dalam penelitian ini adalah berdasarkan metode *zero upcrossing*

Hasil perhitungan tinggi gelombang, periode gelombang dan kerusakan pada gelombang tak pecah dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah

Tabel 3 1 Perhitungan Tinggi gelombang, Periode gelombang dan kerusakan

No	Benda Uji	Tinggi Gelombang (m)			Periode Gelombang (detik)			Kerusakan (%)			No. sensor
		H	H	H	T	T	T	d	d	d	
		maks	min	rerata	maks	min	rerata	maks	min	rerata	
1	Benda Uji	0,1306	0,0765	0,1036	1,757	1,11	1,4363	7,41	0,21	3,81	8
2	Kubus	0,1039	0,0701	0,088	1,647	1,13	1,3883	4,88	0,42	2,65	9
3	Batu	0,1481	0,0783	0,1132	1,703	1,12	1,4117	6,84	0,61	3,73	10

Sumber: Hasil analisis

ini.

3.2. POROSITAS DAN KOEFISIEN LAPISAN BENDA UJI.

Berdasarkan uji porositas untuk masing-masing benda uji batu pecah, kubus dan tetrapod diperoleh nilai porositas sebesar 45,764 persen untuk benda uji batu pecah, 48,114 persen untuk benda uji kubus dan 62,888 persen untuk benda uji tetrapod.

Hasil koefisien lapisan untuk benda uji batu pecah dengan berat (W) = 0,170 kg, berat jenis (g s) = 2508,82 kg/m³, diameter nominal (Dn) = 0,041m, tebal lapisan (t) = 0,083 m (dua lapisan) adalah sebesar (C)=1,01163.

Koefisien lapisan untuk benda uji kubus dengan berat (W) = 0,234 kg, berat jenis (g s) = 2500,00 Kg/m³, diameter nominal (Dn) = 0,04955 m, tebal lapisan (t) = 0,1018 m (dua lapisan) adalah sebesar (C)=1,02674.

Koefisien lapisan untuk benda uji tetrapod dengan berat (W) = 0,067 kg, berat jenis (g s) = 2208,02 Kg/m³, diameter nominal (Dn) = 0,03143 m, tebal lapisan (t) = 0,0828 m (dua lapisan) adalah sebesar (C) =1,31652).

3.3. HASIL ANALISIS FORMULASI MODEL

3.3.1. Formulasi Model Angka Stabilitas

Secara matematis hubungan fungsional antara N_s dengan variabel-variabel ($P_0, d, N, C, \cot \alpha, \cos \theta, \xi_z$) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$N_s = a.f (P_0, d, N, C, \cot \alpha, \cos \theta, \xi_z) \dots \dots \dots (3.1)$$

Untuk mendapatkan formulasi model digunakan analisis regresi metode kuadrat terkecil dengan menggunakan paket program *matlab versi 6.5*.

Berdasarkan hasil tersebut diatas, maka diperoleh model persamaan regresi non linear, kondisi gelombang tak pecah. adalah :

$$N_s = 0,0874 P_o^{-4,1580} d^{0,0486} N^{-0,0278} C^{7,3935} (\cos \theta)^{0,5385} \dots\dots\dots(3.2.)$$

dimana : N_s = angka stabilitas, P_o = porositas, d = tingkat kerusakan, N = jumlah gelombang, C = koefisien lapisan, $\cos \theta$ = sudut datang gelombang , $\cot \alpha$ = sudut kemiringan struktur, x_z = *surf similarity*

3.4. UJI STATISTIK

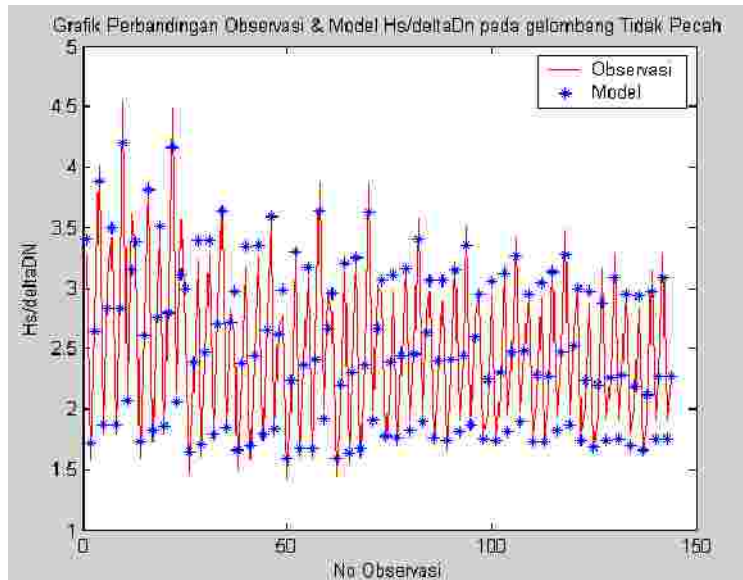
3.4.1. Validasi Model

Validasi model untuk kondisi gelombang tak pecah, diperoleh rata-rata residual atau selisih antara titik-titik data (observasi) dengan titik – titik kurva (model) rata-rata sebesar 0,00056, minimum sebesar 0,0004, dan maksimum sebesar 0,3445. Hasil Grafik antara data-data observasi dengan model, dapat dilihat pada Gambar 3.1, dibawah ini.

jumlah dari garis regresi maka mendekati nilai 0 (nol) Berdasarkan hasil perhitungan pada gelombang tak pecah di peroleh koefisien determinasi (R^2) = 0,954. Disini nampak bahwa model regresi gelombang tak pecah adalah baik, karena nilai koefisien determinasi (R^2) mendekati 1 (satu).

b. Uji statistik F

Uji statistik F dimaksudkan untuk menilai apakah semua variabel independen atau bebas yang dimasukkan dalam model mempunyai pengaruh bersama-sama terhadap variabel dependen atau tak bebas. Jumlah ukuran sampel $n = 144$ dan banyaknya variabel $k = 6$ untuk gelombang tidak pecah.. Berdasarkan hasil analisis pada gelombang tidak pecah diperoleh $F_{hit} = 280,771$ lebih besar dari $F_{tabel} = 1,77$. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa semua variabel independen mempunyai pengaruh bersama-sama terhadap variabel dependen pada gelombang tak pecah.



Gambar 3. 1 Perbandingan data Observasi dengan model

3.4.2. Uji Goodness of Fit Model

a. Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi bersifat bahwa jika titik-titik diagram pencar letaknya makin dekat kepada garis regresi maka harga koefisien determinasi (R^2) makin dekat dengan harga 1 (satu). Sebaliknya jika titik-titik itu semakin

c. Uji Statistik t

Uji statistik t dimaksudkan untuk mengetahui masing-masing variabel bebas memberikan kontribusi terhadap model regresi. Berdasarkan hasil analisis pada gelombang tidak pecah diperoleh porositas (P_o) = 0,103, tingkat kerusakan (d)= 4,028, jumlah gelombang (N) = -344,785, koefisien lapisan

(C) = 2,827, sudut datang gelombang (Cos θ) = -0,159, sudut kemiringan struktur (Cot α) = -0,857, bilangan irribarren (x) = -4,998. Dari data tersebut kalau dibandingkan dengan $t_{tabel} = 1,96$, nampak bahwa untuk gelombang tak pecah yang kurang memberikan kontribusi adalah variabel porositas, sudut datang gelombang.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. KESIMPULAN.

- Formula baru angka stabilitas unit lapis lindung pemecah gelombang, pada tipe i gelombang tak pecah adalah :

$$N_s = 0.0874 P_o^{-4.1580} d^{0.0486} N^{-0.0278} C^{7.3935} (\cos \theta)^{0.5385} x_z^{0.4640} \dots (4.1)$$

dimana: N_s = angka stabilitas, P = porositas, d = tingkat kerusakan, N = jumlah gelombang, C = koefisien lapisan, $\cos \theta$ = sudut datang gelombang, $\cot \alpha$ = sudut kemiringan struktur, $x_z = \tan \alpha / (H_s/L_o)^{1/2}$, $L_o = gT_z^2/2\pi$, H_s = tinggi gelombang signifikan, L_o = panjang gelombang, T_z = periode gelombang.

- Besarnya koefisien determinasi pada gelombang tak pecah adalah sebesar (R^2) = 0,954.. Disini nampak bahwa model regresi gelombang tak pecah adalah baik, karena nilai koefisien determinasi (R^2) mendekati 1 (satu). Berdasarkan hasil analisis pada gelombang tak pecah diperoleh $F_{hit} = 280,771$ lebih besar dari $F_{tabel} = 1,77$. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa semua variabel independen mempunyai pengaruh bersama-sama terhadap variabel dependen.. Sedang berdasarkan Uji statistik t, pada gelombang tak pecah diperoleh porositas (P_o) = 0,103, tingkat kerusakan (d)= 4,028, jumlah gelombang (N) = -344,785, koefisien lapisan (C) = 2,827, sudut datang gelombang (Cos θ) = -0,159, sudut kemiringan struktur (Cot α) = -0,857, bilangan irribarren (x) = -4,998. Dari data tersebut kalau dibandingkan

dengan $t_{tabel} = 1,96$, nampak bahwa untuk gelombang tak pecah kurang memberikan kontribusi adalah variabel porositas, sudut datang gelombang.

- Hasil evaluasi dengan membandingkan formula Hudson, formula Vander Meer dan formula Hudson modifikasi dengan jenis unit lapis lindung yaitu jenis batu, kubus dan tetrapod nampak bahwa formula Baru, angka stabilitas (N_s) kecenderungan lebih kecil, dibandingkan formula Vander Meer, formula Hudson maupun Hudson. modifikasi pada sudut kemiringan struktur (cot α), sampai (cot θ).

4.2. SARAN –SARAN.

- Mengingat penelitian ini diasumsikan struktur ambang tinggi, maka dapat dilakukan penelitian dengan asumsi struktur ambang rendah, Struktur dinamis dan memperhitungkan berm, tetapi sudah memperhitungkan berbagai variabel koefisien lapisan, porositas, sudut kemiringan struktur, tinggi gelombang, periode gelombang, jumlah gelombang, tingkat kerusakan dan sudut datang gelombang.
- Perlu melakukan penelitian dengan memperhitungkan lapisan sekunder (Inti) yang menjadi satu kesatuan dengan lapisan primer.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Ahrens, J. P., and McCartney, B. L.1975., "Wave Period Effect on the Stability of Riprap," Proceedings of Civil Engineering in the Ocean / III, ASCE, Vol. 2, pp. 1019 – 1034.
- ASCE, .1978., "Failure of The Breakwater at Port Sines, Portugal ". Published by American Society of Civil Engineers, 345 East 47th, Street New York , New York 10017.
- Battjes, J. A.1974., "Surf Similarity," Proceedings of 14th Coastal Engineering Conference, ASCE, Vol. I, pp. 466 – 480.
- Bruun P., 1985., "Design and Construction

- of Mounds for Breakwater and Coastal Protection,*” Developments in Geotechnical Engineering, 37, Elsevier, Amsterdam.
- Boer, K. 1985., “*Damage to Armor Units: Model Technique,*” Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Vol. 111, No. 5, pp. 817- 827.
- Bruun, P. 1985., “*Design and Construction of Mounds for Breakwaters and Coastal Protection,*” Elsevier, New York,
- N. Y. Baird, William F. 1979., “*State of the Art of Rubble Mound Breakwater Design,*” Published by American Society of Civil Engineers, 345 East 47th, Street New York , New York 10017.
- Ryu C., Sawaragi T., 1986., “*A New Design Method Of Rubble Mound Structures,*” Proc. 20th Coast. Eng. Conf, Taiwan.
- Y., Robert, Hudson, Davidson, Donald, D. 1975., “*Reliability of Rubble-Mound Breakwater Stability Model,*” Jurnal Simposium of The Waterway Harbour and Coastal Engineering Division of ASCE, Vol. II, San Fransisco California.
- Y., Goda. 1985., “*Random Seas and Design of Maritime Structures,*” University of Tokyo Press.
- Yu-Xiu-Yu, Shu-Xue-Liu, Chuan-Hua Zhu, .2002., “*Stability of Armour Units on Rubble-Mound Breakwater Under Multy Multy-directional Waves,*” Coastal Engineering Journal vol 44, no ; 2, pp 179 -201. Japan Society Of Civil Engineering (JSCE).