

STUDI UJI MODEL FISIK PEREDAM GELOMBANG TENGGELAM BENTUK ENAM GIGI GERGAJI

Study Of Sinking Six-Tooth Saws Breakwater Physical Model

Johnny MT. S¹⁾, Muchtasor²⁾, Widi Agus Pratikto³⁾, Wahyudi³⁾

¹⁾ Mahasiswa S-3 Jurusan Teknik Kelautan ITS. Dosen Fakultas Teknik Jurusan Sipil

Bidang Teknik Sumber Daya Air. Universitas Tanjungpura Pontianak. E-mail : johnmar@grad.its.ac.id

²⁾ Promotor dan Dosen Pasca Sarjana Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya. E-mail : mukhtasor@oe.its.ac.id

³⁾ Pembimbing dan Dosen Pasca Sarjana Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya

ABSTRACT

In framework of effort to overcome the coastal damage, this article try to lay open the alternative choice form of construction which serve later the purpose of reduce water wave before arrive into the surf zone. The construction model test has six tooth of saws which form angle $0^{\circ}38'37''$ and installed in the water level equal to flatten the water, ten, twenty, three centimeter water dept, water wave high is given on model test have four type between 5 up to 14,8 cm with regular waves type. This experiment could result have to reduce water wave come from deep water before arrive at coastal, with approach refraction effect principal from tooth of saw model test. Result of study with graph analysis depends on relation between independent variable wave hydraulics with transmission coefficient and relation between independent variable water level on the weir of the model test with hydraulics with transmission coefficient (K_T), have result make up a function of wave slope and water level on weir of the model. From the six tooth saw model test with angle $0^{\circ}38'37''$ have resulting is best for reduce water wave and capable reducing 55%- 75% transmission wave. Effect Orthogonal wide wave (B_2) of the angular shape the tooth saw that happened good enough between 2 – 3 times wide spread of the model test (L) or (B_2/L) equal to 200%- 300% specially the water level on the weir (h_2/d)= 0.125, so that of course will made coastal protected happened abration/ erosion and even coastal line will be able to experienced of acresi.

Keywords : Model of six tooth saws, refraction wave, breakwater

PENDAHULUAN

Negara kepulauan Indonesia yang $\frac{3}{4}$ wilayah Indonesia berupa laut (5,8 juta km²), mempunyai > 17.500 pulau besar dan kecil, 81.000 km garis pantai tropis terpanjang atau terpanjang ke dua (setelah Kanada) di dunia.

Negara kepulauan ini merupakan daerah yang kebanyakan tumbuh-berkembangnya masyarakat dan perekonomian dimulai dari pantai. Perkembangan daerah pantai ini ada yang positif dan bahkan banyak juga berakibat yang negatif. Terutama pada pantai yang kemampuan lahannya sudah tidak sanggup lagi memikul pertumbuhan penduduk yang begitu pesat, sehingga untuk memenuhi keperluan hidup hajat orang banyak lahan yang tersedia akan mengalami kerusakan karena dieksploitasi besar-besaran yang tidak seimbang.

Daerah-daerah tepian pantai ini akan mudah mengalami kerusakan akibat terjangan gelombang yang besar, sehingga menyebabkan rusaknya tempat tinggal, kebun-kebun, sarana dan prasara umum, jalur perekonomian dan pada bahkan daerah yang

berbatasan langsung dengan negara lain akan berkurangnya batas negara.

Kerusakan ini dapat diakibatkan oleh ulah manusia sendiri sementara siklus alam juga sudah memberikan kerusakan pada pantai di beberapa wilayah kepulauan nusantara. Kerusakan pantai akibat ulah manusia dan kerusakan yang ditimbulkan oleh alam bila terjadi secara bersamaan tentunya penyebab semakin memperparah kerusakan tersebut.

Gelombang yang merambat menuju pantai dari laut dalam akan mengalami perubahan struktur gelombang, baik akibat gravitasi maupun diakibatkan gesekan terhadap dasar laut sehingga memperlambat gerakan kecepatan partikel air. Sementara kecepatan rambat gelombang lebih cepat, akibatnya gelombang menjadi pecah. Pecahnya gelombang ini terjadi di kedalaman pecah gelombang dan tinggi gelombang pada saat pecah disebut dengan tinggi gelombang pecah. Tinggi gelombang pecah ini mempunyai energi yang paling besar. Bila pecahnya gelombang ini dekat dengan pantai maka pantai akan mengalami abrasi/ kerusakan dengan mudah apalagi bila struktur tanah dipantai tersebut merupakan tanah

lunak atau pasir halus yang tidak terbentuk dari bahan yang keras.

Untuk dapat menanggulangi kerusakan pantai akibat hempasan gelombang dipantai maka diperlukan konstruksi untuk menahan besarnya energi gelombang yang tiba di pantai, yang kekuatan struktur tanahnya tidak kuat. Struktur penahan energi gelombang ini dapat terbuat dari struktur masif/kaku dan bisa juga dengan yang fleksibel (tanaman hidup, mangrove dll).

Pemecah gelombang masif ini adalah salah satu bentuk konstruksi yang dapat digunakan untuk meredam energi gelombang untuk program jangka pendek yang tepat untuk mempertahankan kerusakan pantai.

Pemecah gelombang pada umumnya yang digunakan sebagai peredam energi untuk perlindungan pantai (John B. Herbich, 2000) antara lain terdiri dari ;

- ✳ Submerged adalah pemecah gelombang dimana gelombang yang telah diredam diperkenankan untuk melimpas diatas konstruksi.
- ✳ Non Submerged adalah pemecah gelombang yang secara frontal ditabrak oleh gelombang pada konstruksi sehingga gelombang langsung pecah saat mengenai konstruksi.

Kedua type pemecah gelombang diatas sudah banyak dilakukan para peneliti, akan tetapi pemanfaatan konsep adanya refraksi sebagai proses mempercepat terjadinya redaman gelombang belum pernah ada yang melakukannya.

Memanfaatkan bentuk konstruksi seperti dikemukakan oleh Turgut (1981) bahwa bila ada bentuk dasar laut yang berbentuk cembung terhadap arah datangnya gelombang maka gelombang akan konvergen dan mengakibatkan gelombang akan meninggi.

Begitu pula jika kontur dasar laut berbentuk cekung terhadap arah datangnya gelombang maka gelombang akan melebar/ divergen dan tinggi gelombang menjadi lebih rendah.

Model uji yang digunakan pada penelitian ini adalah merupakan bentuk model tenggelam dan berbentuk Zigzag (disebut peneliti sebagai gigi gergaji).

Pelaksanaan uji model peredam gelombang tenggelam berbentuk gigi gergaji ini dilaksanakan pada Laboratorium Energi Gelombang dan Lingkungan Laut, Fakultas Teknologi Kelautan Institute Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pelaksanaan penelitian uji model fisik ini diharapkan, akan dapat mengungkap bagaimana bentuk konstruksi gigi gergaji peredam gelombang tenggelam akan mapu meredam

gelombang dan dapat menghasilkan efek refraksi dari orthogonal gelombang yang membesar setelah melimpas konstruksi.

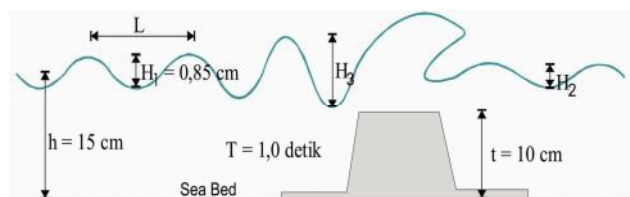
Penggunaan peredam gelombang yang dibuat tenggelam akan dapat memperindah pemandangan di pantai karena tidak muncul dipermukaan air. Kebutuhan akan perbaikan/ perlindungan pantai sekarang akan mengarah pada perlindungan alami pantai (*soft shore protection*) seperti karang buatan (*artificial reefs*) yang mampu memperkecil gelombang yang tiba di pantai dan sekaligus dapat berfungsi sebagai tempat berkumpulnya ikan untuk berkembang biak dekat dengan pantai atau mangrove. Selain itu dapat menjadikan keindahan pantai tidak terusik akan adanya konstruksi yang kelihatan muncul dari permukaan laut.

LANDASAN TEORI

1. Penelitian Pemecah Gelombang Tenggelam

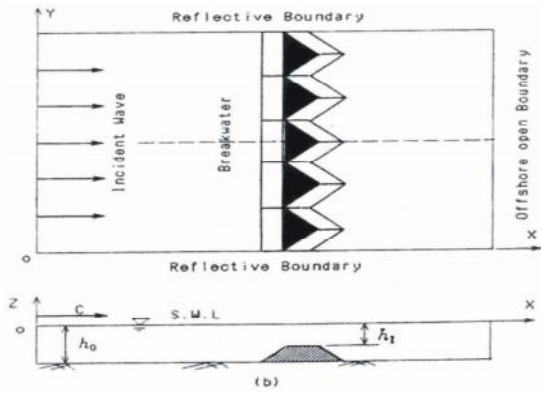
Refraksi dapat terjadi karena adanya per-ubahan ruang kedalaman air sehingga mengakibatkan pembauran gelombang setelah melintasi penghalang/konstruksi didalam air, pada konstruk-si yang tenggelam dapat bermanfaat sebagai pembentuk gelombang datang, tinggi gelombang, selain itu pula ;

- a. Mengontrol arus sejajar pantai (longshore current) akibat perubahan arah gelombang datang.
- b. Dapat merubah tinggi gelombang menjadi membesar, akan berguna untuk pemanfaatann energi dan surfing.

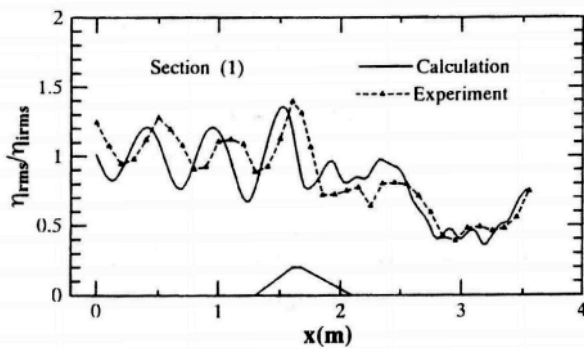


Gambar 1. Kejadian gelombang pada konstruksi tenggelam (Lifen Dong, et al, 1996)

Kejadian gelombang setelah mencapai konstruksi akan meninggi dan muka air setelah konstruksi lebih rendah dari tinggi muka air di kedalaman 15cm sehingga besarnya nilai Koefisien Transmisi (K_T) = 0,85, Lifen Dong (1996).

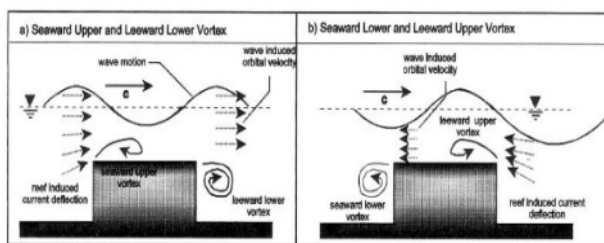


Gambar 2. Konstruksi Trianggular Submerged Breakwater (Lifen Dong, et al, 1996)

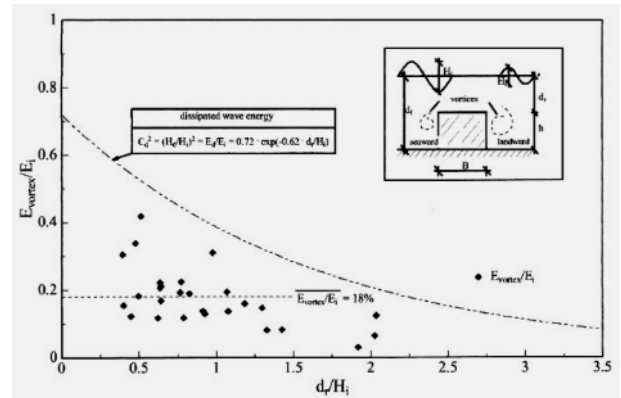


Gambar 3. Hasil Luaran Penelitian perubahan muka air (Lifen Dong, et al, 1996)

Konstruksi berupa *impermeable artificial reef* seperti tergambar dibawah ini setelah menerima gelombang maka gelombang akan mengalami perubahan dan pecah setelah melimpasi konstruksi, hasil rambat gelombang akan menjadi kecil setelah melimpasi konstruksi tersebut dapat dilihat dari bentuk rekaman grafik energi gelombang sebelum dan sesudah konstruksi (Matthias Blek, et. al., 2001). Dengan memvariasikan ketinggian muka air diatas mercu model (d_r) terhadap tinggi gelombang datang (H_i), maka vortex yang terjadi dapat memperkecil perubahan gelombang datang setelah melewati model uji terlihat pada *Gambar-4*

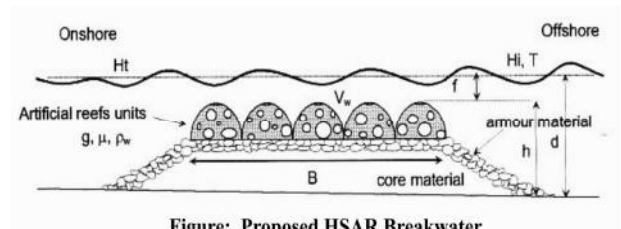


Gambar 4. Karakteristik Vortex yang terjadi akibat gelombang (Matthias Blek, et al, 2001)

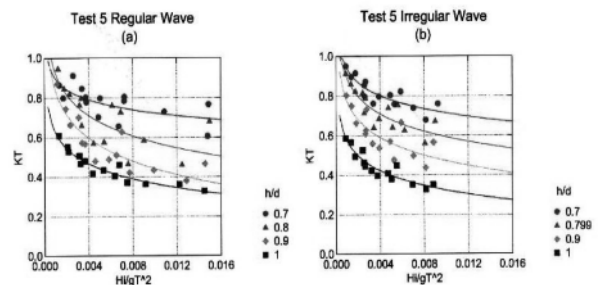


Gambar 5. Hubungan Energi dan Vorteks (Matthias Blek, et al, 2001)

Pemecah gelombang *artificial submerged* berbentuk kubah dan berlubang dilakukan oleh peneliti Armono (2002).



Gambar 6. Bentuk uji Hollow Hemispherical Shape Artificial Reefs (Armono, et al, 2002)



Comparison of Wave Transmission – Irregular and Regular Waves

Gambar 7. Hasil Bentuk uji Hollow Hemispherical Shape Artificial Reefs (Armono, et al, 2002)

Dari hasil analisa *Gambar-7* akan menghasilkan persamaan transmisi sebagai berikut ;

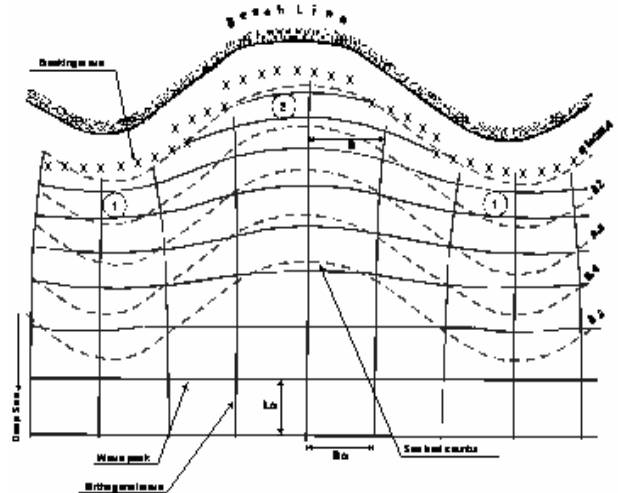
$$K_T = 1.616 - 31.322 \frac{H_i}{gT^2} - 1.099 \frac{h}{d} + 0.265 \frac{h}{B} \quad (1)$$

2. Rambat Gelombang

Rambatan gelombang dari laut dalam ke tepian pantai akan terjadi seperti yang dilibatkan pada *Gambar-8*, gelombang dari laut dalam mempunyai

panjang gelombang L_0 dan garis puncak gelombang sejajar bergerak menuju pantai. Garis puncak gelombang akan berubah bentuk dan berusaha untuk sejajar garis kontur dan garis pantai. Garis ortogonal (arah datangnya gelombang) gelombang berbelok arah menuju tegak lurus garis kontur tersebut.

Pada lokasi 1 (lihat Gambar-8), garis ortogonal gelombang menguncup sedang dilokasi 2, garis ortogonal gelombang menyebar. Energi dari dua garis ortogonal tersebut adalah konstan sepanjang lintasan berarti energi gelombang tiap satuan lebar dilokasi 1, adalah lebih besar dari pada lokasi 2. (jarak antara garis ortogonal di lokasi 1 lebih kecil dari pada di laut dalam sedangkan di lokasi 2, jarak tersebut lebih besar). Di lokasi 2 ini energi gelombang yang terjadi akan lebih kecil dibandingkan dengan lokasi 1.

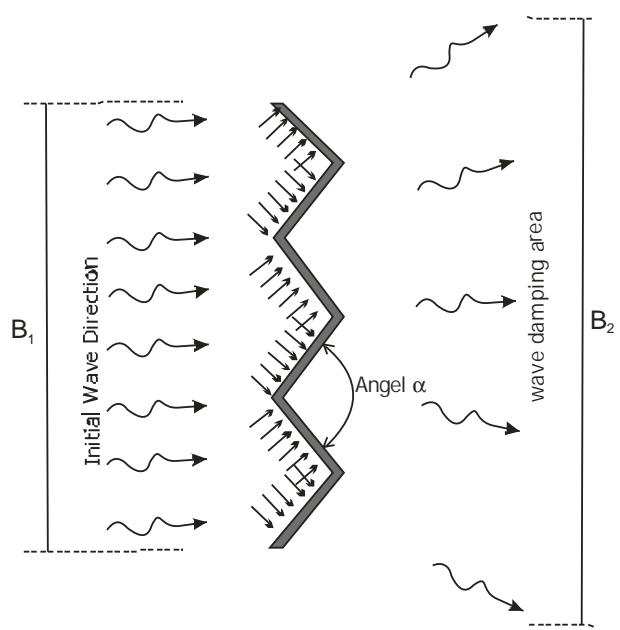


Gambar 8. Proses rambatan gelombang ke pantai (Bambang T,1999)

Demikian pula gerakan gelombang bila melewati suatu konstruksi yang tenggelam maka gerakan fluida selalu mengalir dan arah gerakan yang tegak lurus dengan bidang yang dilewatinya (Gambar-9). Dengan demikian jika gelombang yang akan melewati suatu konstruksi yang tenggelam yang berupa konstruksi zigzag atau dengan istilah penulis adalah berbentuk gigi gergaji, maka besarnya/ lebarnya ortogonal gelombang dari laut dalam dan setelah melimpasi model uji gergaji akan dapat menimbulkan refraksi gelombang.

Potongan arah memanjang dari penampang konstruksi akan terlihat pada Gambar-10, bahwa tinggi gelombang awal H_1 akan tiba pada konstruksi setinggi H dan setelah melipas konstruksi akan menjadi tinggi gelombang H_2 . Tinggi muka air rata-rata dari dasar adalah

dinotasikan dengan d , tinggi konstruksi yang tenggelam adalah h_1 dan selisih $(d-h_1)$ disebut tinggi muka air diatas model uji/ mercu, dinotasikan sebagai h_2 .

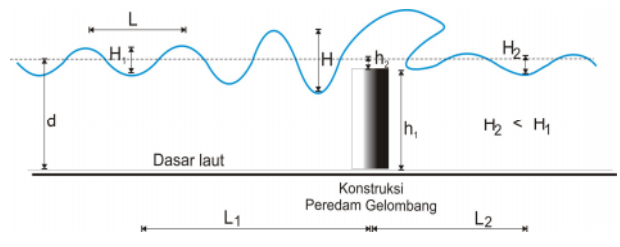


Gambar 9. Rambat Gelombang Melimpas Konstruksi

Garis ortogonal (arah datangnya gelombang) gelombang selalu berbelok arah menuju tegak lurus garis kontur (Gambar-11).

Anggapan/ asumsi refraksi adalah :

1. Energi gelombang adalah konstan pada dua orthogonal.
2. Arah rambatan puncak gelombang selalu tegak lurus terhadap orthogonal.
3. Cepat rambat gelombang mempunyai periode tertentu di suatu tempat tergantung kedalaman perairan.
4. Perubahan topografi dasar adalah landai/ berangsur-angsur.
5. Gelombang mempunyai puncak yang panjang, periode konstan, amplitudo kecil dan monokromatik.
6. Pengaruh arus, angin dan refleksi pantai dan perubahan topografi dasar laut diabaikan.



Gambar 10. Gelombang melipas konstruksi

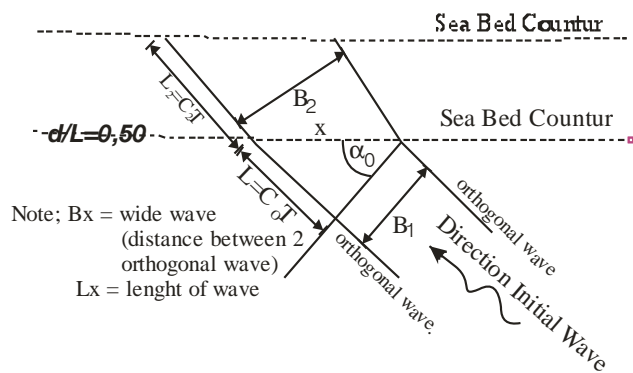
Proses refraksi gelombang adalah hukum Snellius (SPM=Shore Protection Manual,1984) berlaku, dapat terlihat pada gambar dibawah ini.

$$\frac{H}{H_o} = \sqrt{\left(\frac{n_o \cdot L_o}{n \cdot L}\right)} * \sqrt{\left(\frac{B_o}{B}\right)} \quad (2)$$

$$\frac{H}{H_o} = K_s \cdot K_R \quad (3)$$

$$K_T = K_s \cdot K_R \quad (4)$$

$$K_R = \sqrt{\frac{B_1}{B_2}} = \sqrt{\frac{\cos(\alpha_o)}{\cos(\alpha_1)}} \quad (5)$$



Gambar 11. Rambatan Gelombang Teori Snellius (Shore Protection Manual, 1984)

Para peneliti terdahulu mengenal bahwa perkalian antara K_R dan K_S ini dikenal dengan koefisien transmisi K_T dengan

- H = tinggi gelombang pada titik yang ditinjau
- H_o = tinggi gelombang di laut dalam
- n = 1 untuk laut dangkal (konstanta kecepatan)
- n_o = 0,5 untuk laut dalam
- E_o, E = energi gelombang dalam dan dangkal ($N \cdot m/m^2$)
- P_o, P = energi transfer laut dalam dan laut dangkal ($(N \cdot m/det)/m$)
- T_o, T = perioda gelombang laut dalam dan dangkal
- B_o, B = lebar puncak gelombang/ ortogonal
- ρ = kerapatan fluida
- g = gravitasi
- C_o, C = kecepatan rambat gelombang laut dalam dan dangkal
- D = kedalaman air terhadap dasar laut

Pada *Persamaan-3* (SMP,1984) diatas, ratio antara tinggi gelombang mendekati pantai dan tinggi gelombang dari laut dalam adalah perkalian antara koefisien pendangkalan (*shoaling*) dan koefisien refraksi (*refraction*). Jika diperhatikan pada persamaan tersebut bahwa koefisien refraksi adalah perbandingan antara lebar orthogonal gelombang dari laut dalam dan lebar orthogonal gelombang pada daerah pantai (*Gambar-8 dan Gambar-11*).

Konsep konstruksi gigi gergaji ini adalah pengkondisian koefisien refraksi itu akan terjadi dengan baik, sehingga gelombang sebelum tiba dipantai telah teredam dan pantai akan aman dari bahaya abrasi atau kerusakan karena struktur tanah yang tidak stabil untuk menahan gelombang.

Dattari, tahun 1978 Madras India (John B. Herbich,2000) menyatakan bahwa untuk mendapatkan hasil yang mendekati efektif sebagai pelindung pantai untuk konstruksi yang tenggelam adalah bila tinggi gelombang pada struktur berbanding kedalaman air pada konstruksi adalah $H_s/D = 0,60$. atau tenggelamnya struktur tidak lebih dari 40% dari kedalaman air pada struktur. Hubungan antara W/L (W = lebar puncak konstruksi sejajar gelombang, L = panjang gelombang) dan H_s/D dan koefisien energi transmisi (K_T). Bila H_s/D mengecil maka nilai K_T akan naik dan tergantung pada W/L . Lebar puncak gelombang pecah sangat penting untuk mendapatkan kemiringan energi gelombang setelah melintasi konstruksi. Demikian juga jika perbandingan antara tinggi struktur dengan kedalam air (h/D) sebesar 0,7 s/d 0,8 akan dapat melemahkan energi gelombang

Jika diperhatikan (*Persamaan-3*) diatas adalah merupakan persamaan gerakan rambat gelombang dari laut dalam ke laut dangkal. Dimana suku K_R (*Persamaan-5*) memiliki harga B_o dari laut dalam yang besarnya tertentu dan harga B_1 besarnya tergantung pada bentuk kontur dasar laut. Suku K_S memiliki unsur kedalaman air dan panjang gelombang yang harganya akan tetap hampir tidak berubah pada titik awal ke posisi titik yang ditinjau dan H_o adalah besarnya gelombang yang datang dari laut dalam yang akan mencapai konstruksi. Jika konstruksinya berbentuk gigi gergaji dan setelah H_o melimpasi gigi gergaji (*Gambar-9 dan Gambar-10*) maka akan terjadi perubahan tinggi gelombang(H_2) dan lebar (b) gelombang.

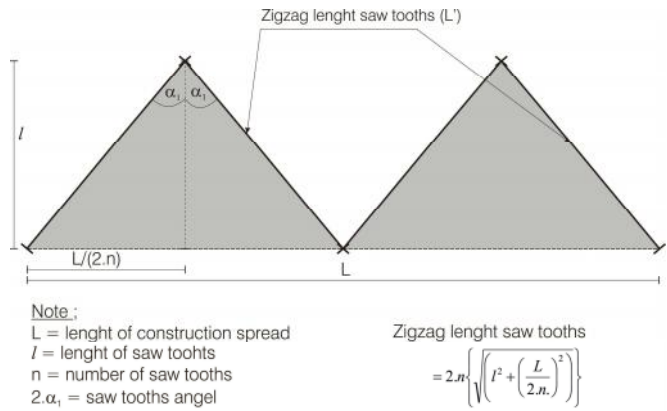
METODOLOGI

1. Lokasi penelitian

Lokasi studi penelitian dilakukan pada laboratorium Lingkungan Laut dan Energi Gelombang, Fakultas Teknologi Kelautan Institute Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.



Gambar 12. Flume Tank yang digunakan untuk uji model

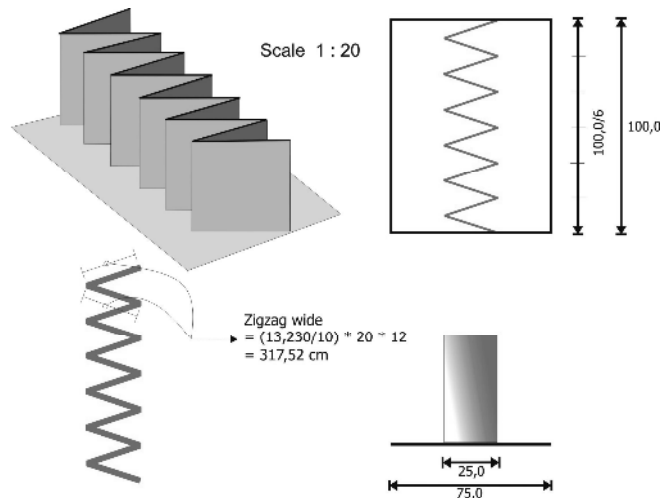


Gambar 13a. Dimensi gigi gergaji (pada gambar untuk 2 gigi)

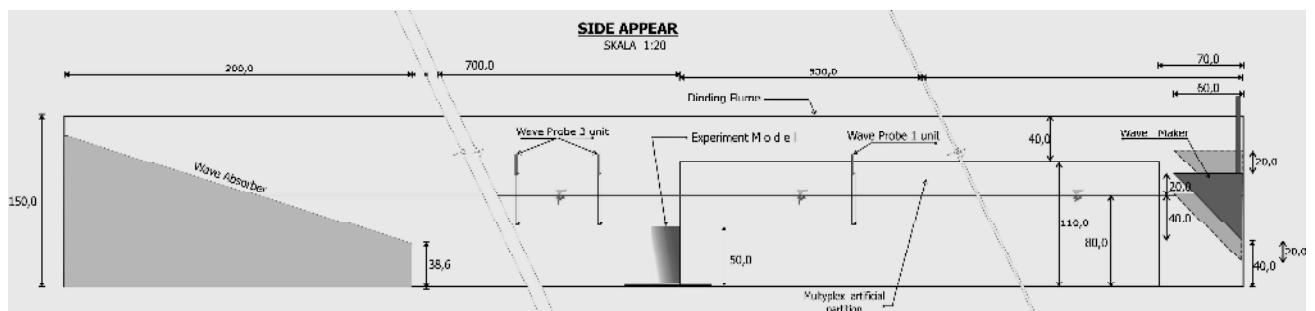
2. Pembuatan model konstruksi dan modifikasi flume

Dalam pelaksanaan penelitian ini peralatan laboratorium digunakan terdiri dari flume tank berukuran 20.00 x 2.00 x 1.50 m dilengkapi dengan penggerak gelombang secara kontrol otomatis menggunakan komputerisasi. Gerakan gelombang diciptakan oleh wave making float and actuator, bergerak turun dan naik secara vertikal (Gambar-14) dan perletakan titik (A, B, C dan D) pengamatan gelombang dengan wave probe (Gambar-15).

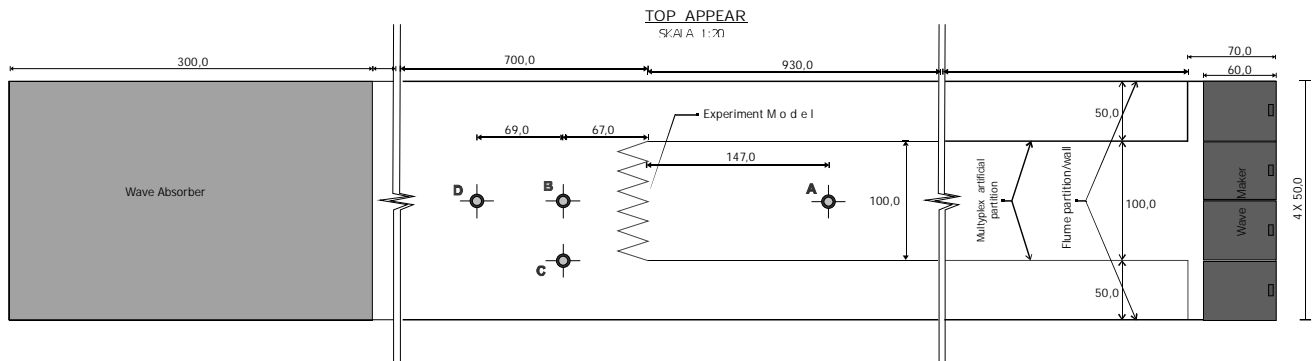
Bentuk (konstruksi)model uji pada percobaan ini berbentuk gigi gergaji sebanyak 6 gigi dengan lebar bentang (L) = 1.00 m, panjang gigi gergaji (l) = 0.25 m, panjang zigzag model uji (L') = 3.18 m dan besarnya sudut gigi gergaji($2\alpha_1$) sebesar $36^{\circ}52'11''$. Ukuran model tersebut dapat dilihat pada Gambar-13a dan Gambar-13.



Gambar 13b. Dimensi konstruksi 6 gigi gergaji



Gambar 14. Tampak samping flume tank, perletakan model uji untuk percobaan



Gambar 15. Tampak atas flume tank, letak model uji, posisi pengukur gelombang (A,B,C dan D) dan sekat pengarah gelombang

3. Pelaksanaan uji model

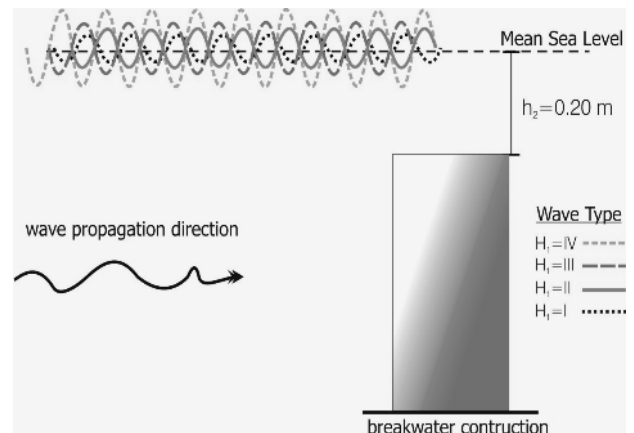
Pelaksanaan percobaan untuk model uji pisik ini tinggi air didalam dibuat flume tank 0.80 m. Gelombang yang diberikan pada model uji dengan lebar bentang(L) agar gelombang terarah diberikan sekat selebar 1.00 m mulai dari sumber gelombang sampai dengan model uji(konstruksi) (Gambar-15). Alat ukur kejadian tinggi gelombang dapat dilihat pada Gambar-14 dan Gambar-15 dimana titik A(+1.47m, 0.0 m) adalah pengukur tinggi gelombang datang, titik B(-0.67m, 0.0 m), C(0.67, 0.50 m) dan D(-1.36 m, 0.0 m) pengukur tinggi gelombang setelah melewati model uji. Untuk titik C berfungsi untuk mengetahui tinggi gelombang yang terjadi pada tepian model uji sehingga diharapkan akan dapat menggambarkan sebaran gelombang kearah tepi untuk mengetahui arah gerakan pelebar gelombang.

Koeffisien Tansmissi (K_T) adalah merupakan fungsi dari gradien hidrolik (H_1/gT^2) dan perubahan kedalaman muka air diatas mercu model uji (h_2/d). Tinggi gelombang yang diberikan pada model uji sebanyak empat type yakni Type I =0.05 m, Type II =0.072 m, Type III =0.098 m dan Type IV =0.147 m, dengan perioda gelombang 1.34 detik. Tinggi muka air diatas mercu model uji ada 4(empat) macam yakni (h_2)= 0.00 m, 0.10 m, 0.20 m dam 0.30 m, setiap tinggi h_2 diberikan tinggi gelombang 4 (empat) macam (type I = 0.05 m, type II = 0.072, type III = 0.098 m, dan type IV = 0.147 m) (Gambar-16)

HASIL DAN DISKUSI

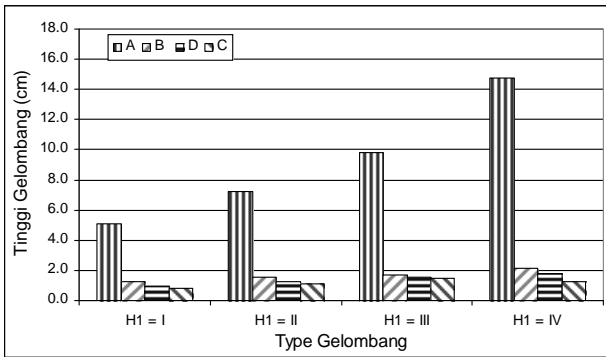
Data gelombang ditampilkan pada (Gambar-17,18,19,20) yang diambil pada titik pengamatan (Gambar-15) sebelum tiba pada konstruksi yakni pada titik A adalah gelombang awal/datang (H_1), data gelombang setelah melewati model uji (H_2) pada titik

B, D dan titik C adalah merupakan tinggi gelombang pada bagian ujung sejajar dengan model uji. Koeffisien (K_T) adalah merupakan (H_2/H_1) dan B_2 adalah lebar gelombang setelah melimpas konstruksi model uji dan L adalah lebar bentang dari model uji, h_2 adalah tinggi muka air diatas mercu model uji dan d adalah kedalam air pada flume tank.

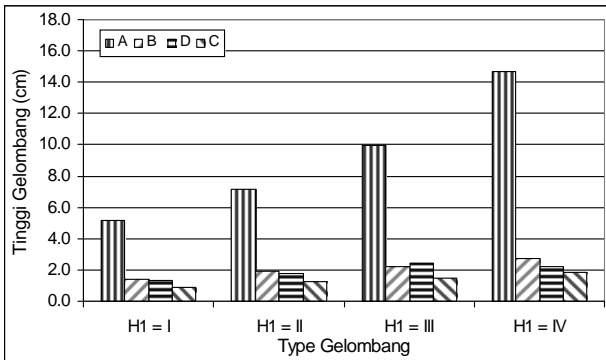


Gambar 16. Kondisi Tinggi gelombang. Tinggi muka air rata-rata terhadap mercu model uji

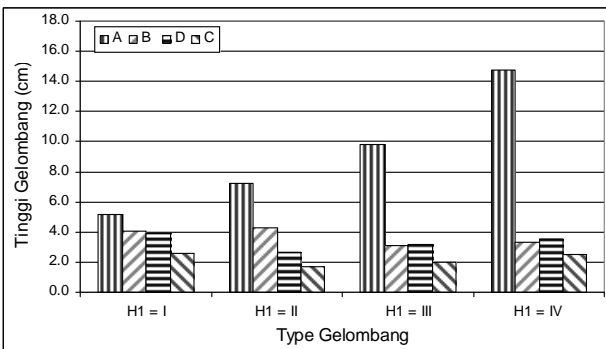
Kejadian tinggi gelombang rata-rata yang terlihat pada Gambar-17 sampai dengan Gambar-20 untuk mata gergaji-6 dengan besaran sudut gigi gergaji 36°52'11". Pada Gambar-17 terlihat bahwa gelombang dibagian belakang model uji dibawah 2 cm, hal ini lebih kecil dibandingkan dengan Gambar-18, 19 dan 20, hal ini dikarenakan fungsi model uji tersebut hampir mirip dengan pemecah gelombang *over topping*, sedangkan pada Gambar-18, Gambar-19, dan Gambar-20 gelombang yang terjadi dibelakang model uji tidak lebih dari 4 cm.



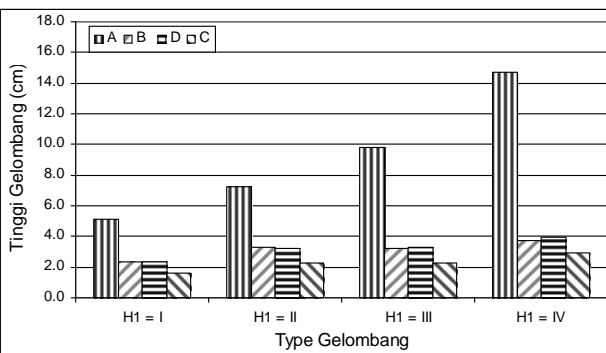
Gambar 17. Tinggi pada titik pengamatan $h_2=0.00$ m



Gambar 18. Tinggi pada titik pengamatan $h_2=0.10$ m

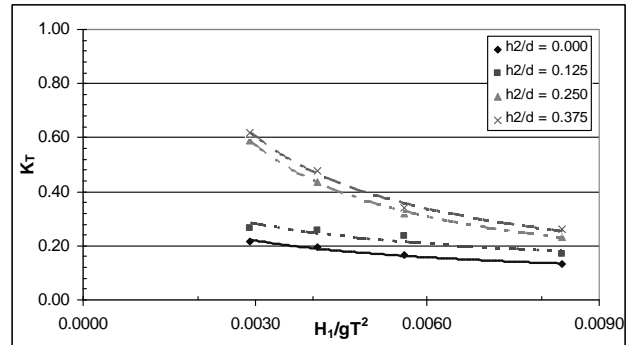


Gambar 19. Tinggi pada titik pengamatan $h_2=0.20$ m



Gambar 20. Tinggi pada titik pengamatan $h_2=0.30$ m

Perubahan gelombang pada masing-masing tinggi muka air diatas mercu (h_2) model uji ini dapat dilihat pada Gambar-21 adalah sebagai berikut; **a).** Untuk tinggi muka air diatas mercu model uji sebesar $(h_2/d)= 0.00$ dan semua type gelombang yang diberikan menghasilkan koefisien Transmissi hampir sama/rata berarti keempat type gelombang yang diberikan akan mampu untuk diredam, **b).** $(h_2/d)= 0.125$ nilai koefisien Transmissi lebih besar dengan pola hampir mirip dengan point-a kemampuan redaman gelombang lebih kecil dibandingkan dengan poin-a, **c).** $(h_2/d)= 0.250$ grafik yang terbentuk mempunyai kemiringan yang lebih besar dibandingkan grafik poin-a dan poin-b nilai koefisien Transmissi rata-rata juga lebih besar. Hal ini menggambarkan bahwa tidak semua type gelombang yang diberikan mampu diredam dengan baik karena lembah/neap dari gelombang sudah jauh dari mercu model uji (Gambar-16). **d).** $(h_2/d)= 0.375$ grafik yang terbentuk mempunyai kemiringan yang hampir mirip dengan pola grafik poin-c dengan nilai koefisien Transmissi rata-rata juga paling besar dibandingkan pada grafik poin-a, poin-b dan poin-c.



Gambar 21. Hubungan antara kemiringan gelombang/ slope wave dan Koefisien Transmissi

Tabel 1. Redaman gelombang dengan type gelombang H_1/gT^2 dan kedalaman air diatas mercu h_2/d

h_2/d	H_1/gT^2 (Type ke - ...)			
	I 0.0029	II 0.0041	III 0.0056	IV 0.0084
0.000	0.7830	0.8043	0.8342	0.8685
0.125	0.7363	0.7381	0.7669	0.8316
0.250	0.2184	0.5228	0.6798	0.7665
0.375	0.5376	0.5502	0.6671	0.7387

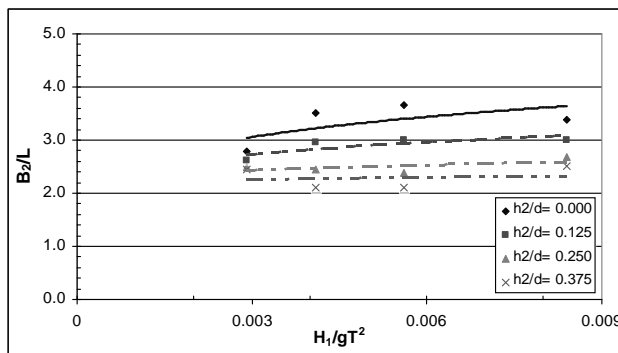
Gambar-21 memperlihatkan pada tinggi muka air air diatas mercu (h_2/d) model uji sebesar 0.125 menghasilkan redaman yang terbaik sebagai model uji

peredam gelombang tenggelam dengan kemampuan meredam gelombang rata-rata 75% sedangkan untuk $(h_2/d) = 0.00$ sebesar 82%. untuk $(h_2/d) = 0.250$ sebesar 55%, untuk $(h_2/d) = 0.375$ sebesar 62%. Secara keseluruhan untuk model uji mata-6 gergaji sebagai peredam gelombang untuk type tenggelam ini dapat meredam gelombang berkisar antara 55%-75%. (Tabel-1)

Pengukuran gelombang yang dilakukan pada titik B dan C (Gambar-15 dan Gambar-17, 18, 19, 20) maka akan terlihat bahwa terjadi perubahan tinggi gelombang dimana tinggi gelombang pada titik C lebih kecil dibandingkan tinggi gelombang di titik B yang berjarak sama dari model uji hal ini menggambarkan bahwa terjadi pelebaran gelombang setelah melimpas model uji yang berbentuk gigi-6 gergaji dengan sudut gigi gergaji sebesar $36^{\circ}52'11''$. Data tersebut di analisa dengan pendekatan analisa metode refraksi (Persamaan-4) dengan data yang dimiliki dua titik terlihat pada Tabel-2

Tabel 2. Hasil harga B_2/L terhadap gradien hidrolik gelombang dan tinggi muka air diatas mercu model uji

H_1/gT^2	$h_2/d=0.000$	$h_2/d=0.125$	$h_2/d=0.250$	$h_2/d=0.375$
0.0029	2.7931	2.6069	2.5000	2.4500
0.0041	3.5099	2.9655	2.4500	2.1018
0.0056	3.6500	3.0098	2.3800	2.1100
0.0084	3.3900	2.9939	2.6900	2.5200



Gambar 22. Hubungan antara lebar gelombang setelah konstruksi dan gelombang awal

Gambaran pelebaran gelombang (B_2/L) terjadi dibelakang model uji bentuk gigi gergaji ini dapat dilihat pada Gambar-22 sebagai berikut ;
a). Untuk tinggi muka air diatas mercu (h_2/d) = 0.00 maka untuk semua gelombang akan menghasilkan pelebaran gelombang dibelakang model uji terbesar hal ini dikarenakan model uji sudah meupakan pemecah gelombang *over topping* **b).** Untuk tinggi muka air diatas

mercu (h_2/d) = 0.125 juga dapat menghasilkan pelebaran gelombang B_2 akan tetapi tidak sebesar pada poin-a dan terbaik untuk kondisi tenggelam dalam air rata-rata menghasilkan hampir 3 kali lipat terhadap bentang model uji (L) untuk hampir semua tinggi gelombang yang diberikan. **c).** Untuk tinggi muka air diatas mercu (h_2/d) = 0.250 juga masih dapat menghasilkan pelebaran gelombang (B_2) dibelakang model uji akan tetapi tidak sebesar poin-a dan poin-b dengan rata-rata yang tercipta adalah 2,5 kali lebar bentang model uji. **d).** Untuk tinggi muka air diatas mercu (h_2/d) = 0.375 adalah kedalam yang paling kecil menciptakan pelebaran gelombang di belakang model uji terhadap poin-a, poin-b, dan poin-c hal ini dikarenakan gelombang yang melimpas hampir-hampir tidak mengalami hambatan oleh model uji besarnya pelebaran gelombang ini rata-rata 2,25 kali lipat terhadap bentang model uji. Dengan demikian secara keseluruhan bahwa bentuk gigi gergaji ini menghasilkan efek refraksi tergambar dengan terjadinya B_2 dan yang terbaik adalah bila kedalam air berkisar (h_2/d) lebih kecil dari 0,250.

Setelah dilakukan analisa statistik untuk mendapatkan hubungan Koefisien Transmissi dengan H_1/gT^2 dan (h_2/d) didapat bahwa

$$K_T = -0.3768 + 1.0521 \frac{H_1}{gT^2} + 46.026 \frac{h_2}{d} \quad (6)$$

Hasil uji regresi bilangan Fisher hitungan sebesar 6.714 dan uji Fisher untuk koefisien sebesar 13.591 sedangkan Fisher tabel untuk $\alpha_{(0.01)} = 5.49$ dan untuk $\alpha_{(0.05)} = 3.35$, sehingga F_{hitung} lebih besar F_{tabel} . Berarti persamaan tersebut mempunyai hubungan ketergantungan dengan baik.

KESIMPULAN

Hasil studi simulasi tinggi gelombang (H_1) dan kedalam muka air diatas mercu model uji (h_2) peredam gelombang gigi-6 gergaji (*tooth saw submerged breakwater*) secara keseluruhan bahwa konstruksi tipe ini dapat bermanfaat meredam gelombang sebesar maksimum 55% -75%.

Dari model uji yang diteliti ini ternyata selain baik untuk meredam gelombang dapat menimbulkan refraksi dibelakang model uji sehingga gelombang yang menuju ke pantai setelah melimpas/ melewati model uji melebar sehingga garis pantai tidak akan mengalami perubahan bentuk. Efek difraksi dikiri dan kanan suatu konstruksi pemecah gelombang, umumnya terjadi dan akan mengakibatkan tembolo yang dapat merubah bentuk garis pantai sedangkan

dengan model gigi-6 gergaji tenggelam ini tidak akan terjadi hal tersebut.

Penelitian pada model uji *submerged breakwater* gigi-6 gergaji mampu menciptakan lebar gelombang (B_2) setelah melewati model uji cukup baik sebesar 2 sampai 3 kali dari lebar bentang (L) model uji atau sebesar 200% - 300%, khususnya pada tinggi muka air diatas mercu $h_2/d = 0.125$ akan menghasilkan yang terbaik bila model uji dalam keadaan tenggelam dalam air.

$$K_T = -0.3768 + 1.0521 \frac{H_1}{gT^2} + 46.026 \frac{h_2}{d}$$

Dengan demikian gelombang yang tiba di pantai tidak akan menimbulkan erosi/ abrasi karena model gigi gergaji ini mampu meredam gelombang dan sekaligus mempunyai efek refraksi dan akan dapat menyebabkan garis pantai maju secara sejajar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih pada staf dan laborat dari laboratorium Lingkungan Laut dan Energi Gelombang, Fakultas Teknologi Kelautan Institute Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang telah membantu penelitian dalam rangka Desertasi Program Doktor pada Program Pasca Sarjana ITS Surabaya, Jurusan Teknik Kelautan, Bidang Keahlian Teknologi Manajemen Pantai. Tulisan ini adalah merupakan bagian kecil dari hasil penelitian Desertasi Program Doktor.

DAFTAR PUSTAKA

- Armono, H.D. and K.R. Hall, 2002, *Wave Transmission on Submerged Breakwaters Made of Hollow Hemispherical Shape Artificial Reefs*, Canadian Coastal Conference, Canada.
- Bappeda dan Pemda Tk I Kal-Bar kerja sama dengan LIPI Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseonologi, 1990-1991, *Status Erosi Pantai Kalimantan Barat dan Pemikiran Awal Penangulangannya*, Pontianak.
- BAPPEDA Prop Kal-Bar, 2001, *Srategi Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Laut Propinsi Kalimantan Barat*. Pontianak.
- Bernard Le Mehaute, 1976, *An Introduction to Hydrodynamics and Water Waves*, Springer-Verlag.
- Bambang Triatmodjo, 1999, *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Department of US Army, 1984, *Shore Protection Manual I & II*, US Army Corp of Engineers, Washington DC.
- John B. Herbich, 2000, *Handbook of Coastal Engineering*, Mc.Graw Hill, New York.
- Johnny MT.S, Umar Gani, 2001, Penelitian Pemanfaatan Refraksi Bentuk Konstruksi Sebagai Peredam Energi Gelombang Air, *Laporan Penelitian UNTAN*, Fak. Teknik UNTAN.
- Johnny MT.S, Eko Yulianto, Nurhayati, 2003, Tinjauan Karakteristik Kelompok Tiang Sebagai Alternatif Peredam Energi Gelombang, *Laporan Penelitian UNTAN*, Fak. Teknik UNTAN.
- Johnny MT.S, Eko Julianto, 2004, Tinjauan Karakteristik Kelompok Tiang Sebagai Alternatif Peredam Energi Gelombang, *Seminar Nasional Research and Studies III*, Yogyakarta.
- Johnny MTS, Umar Gani, 2004, Pemanfaatan Refraksi Bentuk Konstruksi Sebagai Peredam Energi, *Seminar Nasional Pasca Sarjana IV*, ITS Surabaya.
- Lifen Dong, Akira Watanabe, Masahiko Isobe, 1996, Non Linear Wave Transformation Over a Submerged Triangular Breakwater, *Coastal Enggineering Journal*, USA.
- Matthias Black, Hocine Oumeraci, 2002, Hydraulic Performance of Artificial Reefs : Global and Local Description, *Canadian Coastal Conference*, Canada.
- Turgut Sarpkaya, Michael Isaacson, 1981, *Mechanics of Wave Forces on Offshore Structures*, Van Nostrand Reinhold Company, Meilborne.