

STUDI MODEL PENGARUH KEDALAMAN AIR TERHADAP DEFORMASI GELOMBANG PADA PEMECAH GELOMBANG SISI MIRING BERONGGA

Asep Huddiankuwera¹, Taufiqur Rachman², Muhammad Arsyad Thaha³ dan Syarifuddin Dewa⁴

¹ Mahasiswa Program S3 Teknik Sipil Universitas Hasanuddin

Jln. Poros Malino Km.6, Gowa, Telp. 082188722766, Email : asephuddiankuwera@gmail.com

² Staf Pengajar Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Jln. Poros Malino Km.6, Gowa, Telp. 082293714321, Email : ocean_d321@yahoo.com

³ Staf Pengajar Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Jln. Poros Malino Km.6, Gowa, Telp. 081242985988, Email : athaha_99@yahoo.com

⁴ Staf Pengajar Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Jln. Poros Malino Km.6, Gowa, Telp. 0811448091, Email : syarifuddindewa@gmail.com

ABSTRAK

Pemecah gelombang atau *breakwater* adalah bangunan struktur pantai yang digunakan untuk mengantisipasi dan mengendalikan abrasi. Bangunan ini mempunyai fungsi sebagai alternatif untuk menjaga garis pantai dari gempuran ombak yaitu dengan mereduksi energi gelombang. Sampai saat ini, telah banyak dilakukan penelitian untuk mengembangkan struktur penahan gelombang. Struktur peredam gelombang telah mengalami perkembangan yang signifikan, salah satu struktur peredam gelombang adalah pemecah gelombang berlubang dan berongga. Pemecah gelombang berongga memiliki model bervariasi yang selain meminimalisir refleksi gelombang juga diharapkan mampu mereduksi gelombang transmisi, karena kemampuannya dalam menyerap energi gelombang dan mereduksi terhadap energi gelombang datang. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh kedalaman air pada pemecah gelombang sisi miring berongga terhadap deformasi gelombang. Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan merancang model pemecah gelombang sisi miring dengan membuat rongga dengan bentuk kotak dan bulat. Variabel yang diteliti meliputi tinggi gelombang transmisi (H_t), tinggi gelombang refleksi (H_r), koefisien transmisi (K_t) dan koefisien refleksi (K_r), periode gelombang (T), tinggi gelombang (H_i) serta koefisien disipasi (K_d). Variabel ketinggian air (d) dibuat dengan variasi 0,5h, 0,6h dan 0,7h cm (d disesuaikan dengan tinggi model = h), bentuk rongga (B) serta volume rongga (V) dengan ukuran tertentu. Dengan struktur tersebut perambatan gelombang melalui bangunan pemecah gelombang sisi miring berongga akan menghasilkan nilai koefisien refleksi dan koefisien transmisi yang relatif kecil sebagai akibat hambatan dan turbulensi, sehingga energi yang diredam (disipasi) menjadi lebih besar. Dengan demikian, pemecah gelombang diharapkan mampu lebih efektif dalam mereduksi gelombang yang datang.

Kata Kunci : Pemecah gelombang, disipasi, koefisien refleksi, koefisien transmisi

PENDAHULUAN

Penelitian dalam mengembangkan struktur penahan gelombang yang telah banyak dilakukan, Struktur peredam gelombang telah mengalami perkembangan yang signifikan, salah satu struktur peredam gelombang adalah pemecah gelombang berpori. Pada tahun 1961 pemecah gelombang berpori untuk pertama kalinya diusulkan oleh Jarlan dan kemudian banyak dikembangkan oleh peneliti-peneliti lain salah satunya Quin (1972) mencoba mengurangi gaya gelombang yang mengenai bagian depan pemecah gelombang.

Tamrin (2015) dalam penelitian tentang blok beton berpori menyatakan bahwa lubang, panjang slot, porositas permukaan blok beton, jumlah blok baris memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap nilai koefisien transmisi dan refleksi. A.S. Korain, dkk (2014) dalam *Hydrodynamic characteristics of porous seawall protected by submerged breakwater* menghasilkan bahwa pemecah gelombang terendam di depan garis pantai berpori menurunkan kecepatan pada tembok laut dan refleksi gelombang dengan variasi lebar tembok laut, porositas tembok laut, kedalaman air relatif dan kecuraman gelombang. Pemecah gelombang berpori atau berlubang memiliki model bervariasi yang diharapkan selain meminimalisir refleksi gelombang juga mampu mereduksi gelombang transmisi, karena kemampuannya dalam menyerap energi gelombang dan mereduksi terhadap energi gelombang datang.

Dengan landasan tersebut maka penelitian ini ingin memaksimalkan lubang dan rongga sebagai struktur pemecah gelombang dengan membuat kemiringan lubang dan rongga tertentu pada pemecah gelombang yang diharapkan dapat menambah hambatan, sehingga diharapkan mampu lebih efektif dalam mereduksi gelombang yang datang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan pengaruh kedalaman air pada pemecah gelombang sisi miring berongga terhadap deformasi gelombang

LANDASAN TEORI

Parameter Bangunan Peredam Energi

Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi (H_r) dan tinggi gelombang datang (H_i). Parameter refleksi gelombang biasanya dinyatakan dalam bentuk koefisien refleksi (K_r) yang didefinisikan sebagai berikut :

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} = \sqrt{\frac{E_r}{E_i}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana energi refleksi $E_r = \frac{1}{8} \rho g H_r^2$ dan energi gelombang datang adalah $E_i = \frac{1}{8} \rho g H_i^2$ dengan ρ adalah rapat massa zat cair dan g adalah percepatan gravitasi. Nilai K_r berkisar dari 1,0 untuk refleksi total hingga 0 untuk tidak ada refleksi. Koefisien refleksi bangunan diperkirakan berdasarkan tes model, koefisien refleksi berbagai tipe bangunan diberikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Koefisien Refleksi

Tipe Bangunan Peredam Energi	K_r
Dinding vertikal dengan puncak diatas air	0,7 – 1,0
Dinding vertikal dengan puncak terendam	0,5 – 0,7
Tumpukan batu sisi miring	0,3 – 0,5
Tumpukan blok beton	0,3 – 0,5
Bangunan vertikal dengan peredam energi (diberi Lubang)	0,05 – 0,2

Sumber : Triatmodjo,1999.

Transmisi gelombang (H_t) adalah tinggi gelombang yang diteruskan melalui rintangan dan diukur dengan koefisien transmisi (K_t) dihitung dengan persamaan berikut :

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \sqrt{\frac{E_t}{E_i}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana energi gelombang transmisi adalah $E_t = \frac{1}{8} \rho g H_t^2$

Tinggi gelombang datang (H_i) dan tinggi gelombang transmisi (H_t) adalah tinggi gelombang rerata dari nilai maksimum dan minimum tinggi gelombang terukur masing-masing sebelum dan sesudah melewati rintangan. Sedangkan tinggi gelombang refleksi (H_r) adalah setengah dari selisih tinggi gelombang maksimum dan minimum terukur sebelum melalui rintangan.

Menurut *Horikawa (1978)* bahwa besarnya energi gelombang yang diredam (K_d) adalah besarnya energi gelombang datang dikurangi energi gelombang yang ditransmisikan dan direfleksikan :

$$K_d = 1 - K_t - K_r \quad \dots\dots\dots (3)$$

Untuk gelombang yang menjalar dalam kondisi gesekan, tinggi gelombang akan mengalami pengurangan secara eksponensial. Panjang gelombang akan berkurang dengan adanya gesekan menyebabkan menurunkan kecepatan rambat gelombang. Dengan demikian meningkatnya koefisien gesek *Darcy-Weisbach (f)* akan mengurangi tinggi gelombang. Perubahan elevasi muka air (η) setelah satu panjang gelombang (L) dapat dihitung dengan ekspresi berikut (*Dean dan Dalrymple, 1984*).

$$\eta(x + L) = \eta(x)e^{-kil} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dimana angka gelombang setelah tereduksi $ki = kI^*A/2\sigma$; angka gelombang datang $kI = \sigma/(g d)^{1/2}$ dan konstanta gesek $A = f^*Um/3\pi d$. Um adalah kecepatan partikel air maksimum.

Gelombang air tidak memindahkan massa tetapi memindahkan energi. Laju pemindahan energi disebut fluks energi P . Untuk teori gelombang linier fluks energi adalah laju kerja yang dilakukan oleh fluida pada suatu sisi dari suatu potongan vertikal, terhadap fluida di sisi yang lain. Energi yang ditransfer (*energi flux*) adalah energi gelombang persatuan waktu yang terkandung atau tersebar dalam arah perambatan gelombang. Energi yang ditransfer rata-rata dalam satu gelombang (*Dean dan Dalrymple, 1992*) adalah:

$$\bar{P} = E \cdot n \cdot C \quad \dots\dots\dots (5)$$

dengan :

P = transfer energi gelombang rata-rata

C = cepat rambat gelombang

$$n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2K_d}{\sinh 2K_d} \right)$$

Nilai n tergantung pada kedalaman dan panjang gelombang. *Radiana, 2002* memberikan nilai n untuk laut dangkal sama dengan l , sedangkan untuk laut dalam sama dengan $\frac{1}{2}$.

Dengan asumsi bahwa nilai $n.C$ dari Persamaan (5) adalah konstan sebab tidak ada perubahan kedalaman, maka *flux* energi hanya merupakan fungsi dari energi gelombang. Dengan asumsi ini, maka Persamaan (5) dapat dibentuk kembali seperti berikut:

$$P = \frac{\rho g H^2 L}{8} \quad \dots\dots\dots (6)$$

Horikawa, (1978), memberikan rumusan tentang hukum kekekalan energi gelombang yang melalui suatu pemecah gelombang seperti diperlihatkan berikut :

$$\bar{P}_i = \bar{P}_r + \bar{P}_t + \bar{P}_a \quad \dots\dots\dots (7)$$

Dengan $\bar{P}_i, \bar{P}_r, \bar{P}_t$ adalah transfer energi gelombang rata-rata (*energi flux*) yang datang, refleksi dan transmisi persatuan lebar gelombang persatuan waktu, serta \bar{P}_a adalah kehilangan energi gelombang rata-rata per satuan lebar gelombang persatuan waktu. Gelombang yang datang membentur sebuah penghalang terapung, sebagian energinya akan direfleksikan, sebagian akan ditransmisikan melalui struktur dan sebagian lagi akan dihancurkan/diserap oleh struktur yang dinyatakan dengan kehilangan energi (*Sorenson, 1978*).

Dengan mensubstitusikan Persamaan (6) ke Persamaan (7), diperoleh Persamaan berikut (*Paotonan.C, 2006*) :

$$\frac{\rho g H_i^2 L}{8} = \frac{\rho g H_r^2 L}{8} + \frac{\rho g H_t^2 L}{8} P_a \quad \dots\dots\dots (8)$$

Jika suku sebelah kanan dan kiri Persamaan diatas dibagi dengan $\frac{\rho g H_i^2 L}{8}$, maka diperoleh Persamaan berikut (Paotonan. C, 2006) :

$$\frac{H_r^2}{H_i^2} + \frac{H_t^2}{H_i^2} + P_a = 1 \dots\dots\dots (9)$$

Apabila perbandingan antara tinggi gelombang refleksi dengan tinggi gelombang datang disebut dengan koefisien refleksi dan diberi simbol K_r , serta perbandingan antara tinggi gelombang transmisi dengan tinggi gelombang datang disebut koefisien transmisi dan diberi simbol K_t . Sedangkan koefisien kehilangan energi diberi simbol K_d , maka Persamaan (9) dapat ditulis :

$$K_r + K_t + K_d = 1 \dots\dots\dots (10)$$

dengan :

- $K_t = \frac{H_t}{H_i}$ = koefisien transmisi gelombang
- $K_r = \frac{H_r}{H_i}$ = koefisien refleksi gelombang
- K_d = koefisien kehilangan energi gelombang

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan di Laboratorium Hidrodinamika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin di Gowa, dengan rencana waktu penelitian selama 6 bulan.

Variabel Penelitian

Variabel terikat yang diteliti adalah tinggi gelombang transmisi (H_t), tinggi gelombang refleksi (H_r), koefisien transmisi (K_t), koefisien refleksi (K_r) dan koefisien disipasi (K_d), variabel bebas dalam penelitian ini adalah periode gelombang (T), tinggi gelombang (H_i), kedalaman air (d), volume rongga (R) serta bentuk rongga (B).

Pelaksanaan Studi Model

Berdasarkan variabel yang akan diteliti, perancangan model pemecah gelombang sisi miring berlubang dan berongga didasarkan pada beberapa spesifikasi :

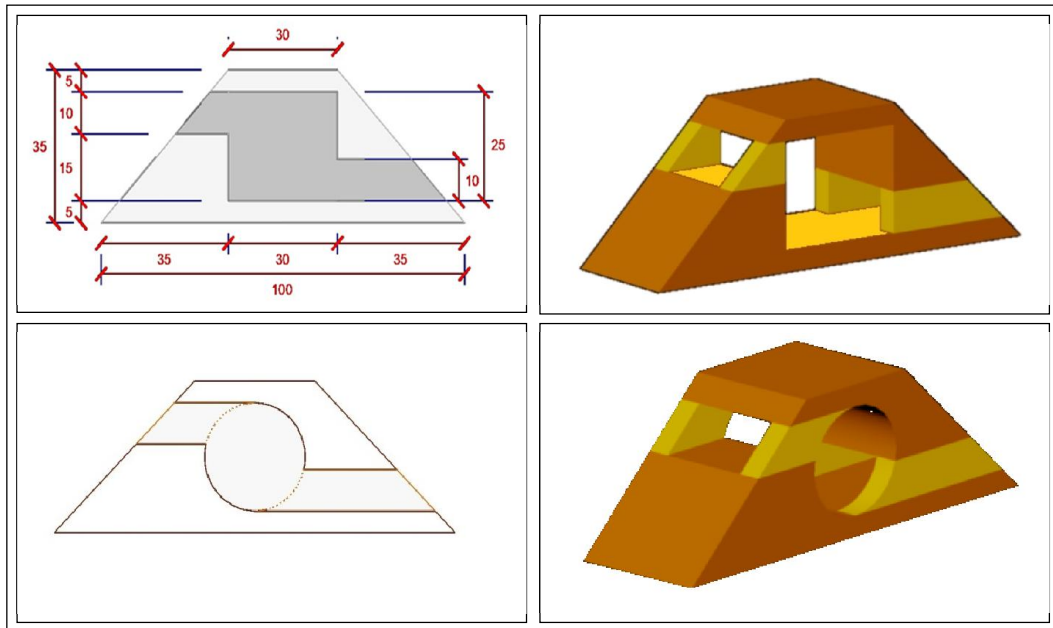
Pertimbangan fasilitas di laboratorium, bahan yang tersedia dan ketelitian pengukuran, sehingga digunakan skala model 1: 10, nilai skala model selengkapnya Tabel 3.

Tabel 2. Skala Model

Variabel	Notasi	Skala
Skala tinggi	nH	10
Skala Panjang	nL	10
Kedalaman	nd	10
Waktu (periode)	nT	1,20

- a. Model terbuat dari bahan akrilik yang dibuat rongga dengan bentuk persegi dan bulat dengan volume rongga yang tertentu.

- b. Lebar model (B) = 30 cm dan tinggi model (h) = 35 cm, disesuaikan dengan lebar *wave flume* yang tersedia.



Gambar 1. Model struktur pemecah gelombang sisi miring berongga

- c. Parameter model yang diteliti adalah bentuk rongga (B) adalah bentuk persegi ($B1$) dan bulat ($B2$), serta volume rongga (V) dengan ukuran tertentu. Variasi parameter model diperlihatkan pada tabel 3.

Tabel 3. Variasi parameter model

No.	Jenis Variasi	Jumlah Variasi
1.	Bentuk rongga (B)	3 variasi
2.	Volume rongga (V)	3 variasi

- d. Parameter gelombang yang diteliti adalah tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), serta kedalaman air (d) dengan variasi 0,5h, 0,6h dan 0,7h cm (d disesuaikan dengan tinggi model = h). Variasi parameter gelombang diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 4. Variasi parameter gelombang

No.	Jenis Variasi	Jumlah Variasi
1.	Tinggi gelombang (H)	3 variasi
2.	Periode gelombang (T)	3 variasi
3.	Kedalaman air (d)	3 variasi

Rancangan Simulasi

Model diletakkan pada saluran gelombang (*wave flume*) pada posisi yang tepat sehingga efektif terhadap gelombang datang maupun gelombang refleksi di depan model. Rancangan simulasi model dengan parameternya diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rancangan simulasi

Model	Bentuk rongga (B)	Volume rongga (V_r)	Kedalaman air (d)	Tinggi Gel. (H)	Periode (T)
1	B1	Vr1	3 variasi	3 variasi	3 variasi
		Vr2	3 variasi	3 variasi	3 variasi
		Vr3	3 variasi	3 variasi	3 variasi
2	B2	Vr1	3 variasi	3 variasi	3 variasi
		Vr2	3 variasi	3 variasi	3 variasi
		Vr3	3 variasi	3 variasi	3 variasi

Pelaksanaan Simulasi

Sebelum melakukan pengambilan data terlebih dahulu mengukur kedalaman air (d) terhadap tinggi model (h) dengan variasi 0,5h, 0,6h dan 0,7h cm

Pelaksanaan Simulasi

Dalam pengambilan data pengamatan tinggi gelombang diukur dan dicatat pada 9 titik di depan dan di belakang model, dengan jarak tiap titik pengukuran adalah panjang gelombang dibagi 8. Pengukuran tinggi gelombang dilakukan pada saat gelombang yang dibangkitkan pada kondisi stabil, yaitu beberapa saat setelah gelombang dibangkitkan.



Gambar 2. Saluran pembangkit gelombang (*Wave Flume*)

Prosedur Simulasi Model

Secara garis besar prosedur simulasi model dan perolehan data adalah :

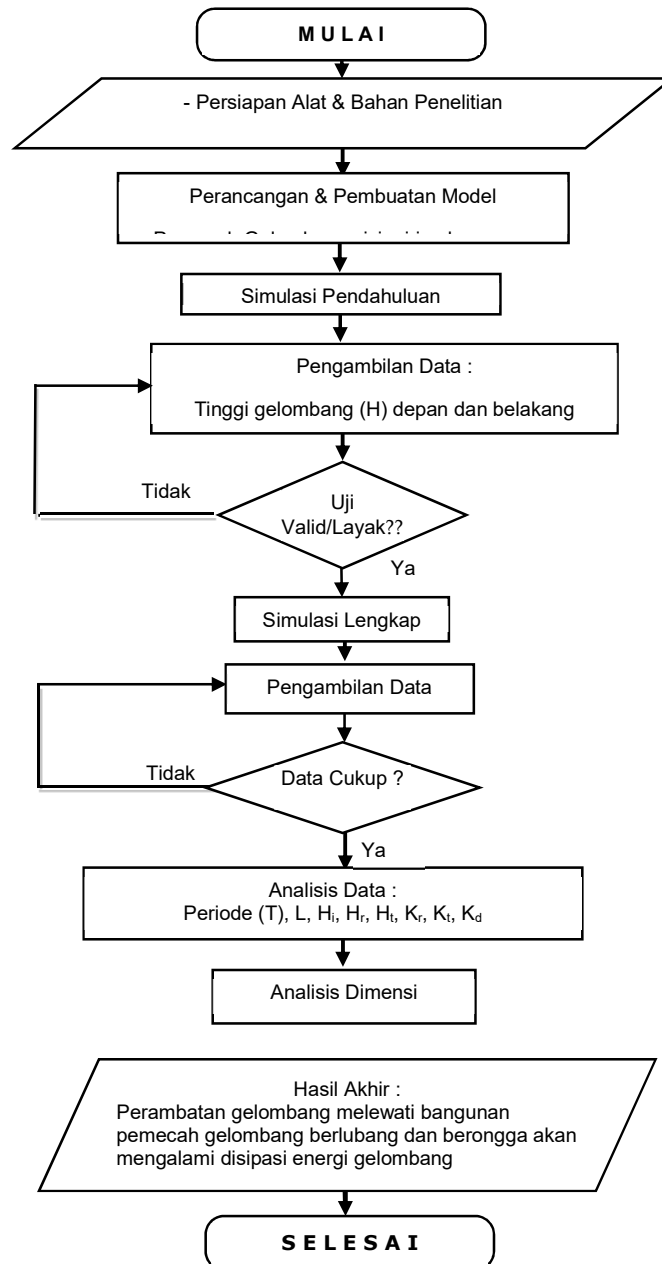
- Mula-mula model diletakkan pada jarak ± 9 m dari pembangkit gelombang dimana ukuran *flume* yang digunakan sepanjang 15 m.
- Percobaan pembangkitan gelombang dilakukan untuk melakukan kalibrasi alat pencatatan tinggi gelombang.
- Setelah semua komponen siap, pelaksanaan pengamatan dimulai dengan membangkitkan gelombang dengan menekan tombol star pada kontrol pembangkit gelombang.

- d. Tinggi gelombang maksimal dan minimum diukur dan dicatat pada masing-masing 9 titik di depan dan di belakang model.

Analisis Dimensi

Dalam merencanakan pengujian model dan penyajian hasil eksperimen, diperlukan analisis dimensi terhadap permasalahan eksperimen. Hal ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi parameter-parameter yang penting sehingga dapat mengatur variable-variabel yang diuji akan sesuai.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. Bagan alir penelitian

HASIL PENELITIAN YANG DIHARAPKAN

1. Menemukan pengaruh kedalaman air (d) pada pemecah gelombang sisi miring berongga terhadap deformasi gelombang.
2. Menemukan hubungan parameter kedalaman air (d) pada pemecah gelombang sisi miring terhadap koefisien transmisi (K_t) dan koefisien refleksi (K_r) dan koefisien disipasi (K_d).
3. Menemukan rumusan model hubungan parameter kedalaman air (d) serta parameter gelombang terhadap disipasi energi gelombang pada pemecah gelombang sisi miring berongga.

DAFTAR PUSTAKA

- Arkal Vittal H., L. Ravikiran., (2013), Wave Structure Interaction For Submerged Quarter Circle Breakwaters of Different Radii-Reflection Characteristics, World Academy Of Science Engineering and Technology, Volume 10
- Binumol.S, Subba Rao, and Arkal Vittal Hegde., 2015. Runup And Rundown Characteristics Of An Emerged Seaside Perforated Quarter Circle Breakwater. Aquatic Procedia, Vol .4, pp 234 – 239.
- Dean R.G., and Dalrymple R.A., 1984. Water Waves Mechanics for Engineers and Scientist, Practice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Dwipuspita, A., I., 2014. Coastal Protection Model As A Wave Energy Catcher. Magister Thesis, Civil Engineering Department, Hasanuddin University, Makassar
- Hagiwara, K., 1984, Analysis of Upright Structure for Wave Dissipation Using Integral Equation, Proc. 19th Conf. on Coastal Engineering A.S.C.E. pp. 2810–2826.
- Horikawa Kiyoshi, 1978, Coastal Engineering (An Introduction to Ocean Engineering), University of Tokyo Press, Japan.
- Jarlan, G.E., 1961, A Perforated Vertical Wall Break- water. Dock Harbour Auth. XII 486, pp. 394–398.
- Kiran G., 2013, Wave Transmission Of Submerged Inclined Serrated Plate Breakwater, International Journal Of Chemical, Volume 1
- Koley, S., Sarkar, A., and Sahoo, T., 2015. Interaction Of Gravity Waves With Bottom-Standing Submerged Structures Having Perforated Outer-Layer Placed On A Sloping Bed. Applied Ocean Research, Vol.52, pp 245–260.
- Koraim, A. S., 2014. Hydrodynamic Efficiency Of Suspended Horizontal Rows Of Half Pipes Used As A New Type Breakwater. Ocean Engineering. Vol.64, pp 1-22.
- Koraim, A. S., E.M. Heikal, and A.A. Abo Zaid, 2014. Hydrodynamic Characteristics Of Porous Seawall Protected By Submerged Breakwater. Applied Ocean Research. Vol.46, pp 1–14.
- Moussa S. Elbisy, 2015. Estimation Of Regular Wave Run-Up On Slopes Of Perforated Coastal Structures Constructed On Sloping Beaches, Ocean Engineering, Vol.109, pp 60–71.
- Paotonan, C., Nur Yuwono, Radianta Triatmadja, dan Bambang Triatmodjo, 2010, Pendekatan Teoritis dan Eksperimental Transmisi Gelombang melalui Pemecah Gelombang Bawah Air, Proceeding PIT HATHI, Surabaya.
- Puspita A.Ildha Dwi, Pallu M. S., Thaha A. dan Maricar F.. 2018. Breaker Parameter Pada Owec Breakwater Dan Pengaruhnya Terhadap Debit Overtopping. Prosiding Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil (KNPTS). Inovasi, Inovasi dan Riset Keselamatan Dan Kesehatan Kerja untuk Pembangunan Infrastruktur Berkelanjutan 2 Oktober 2018, ISSN 2477-00-86
- Ruey-Syan Shih, 2012. Experimental Study On The Performance Characteristics Of Porous Perpendicular Pipe Breakwaters. Ocean Engineering. Vol.50, pp 53-62.
- Sorensen, Robert M., 1978, Basic Coastal Engineering, John Wiley & Son.

- Tamrin, 2015. Study Effect of Surface Porosity for Weight Perforated Concrete Block Breakwater, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology Vol. 4.
- Tamrin, Pallu S., Parung H., Thaha A., 2015. Experimental Study of Perforated Concrete Block Breakwater. International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS Vol.14, No.03.
- Thaha A., Maricar F., Aboe A. F., Puspita A.I.Dwi. 2015. The Breakwater, From Wave Breaker To Wave Catcher. ScienceDirect Procedia Engineering. 8th International Conference on Asian and Pacific Coasts (APAC). Vol. 116. pp 691 – 698.
- Thaha A, Mukhsan P H , Subhan, M A., and Puspita A.I.Dwi. 2018. Single Slope Shore Protection as a Wave Energy Catcher. MATEC Web of Conferences, ICCOEE.
- Thaha A, Puspita A.I.Dwi, Minggu W, and Haeruddin. The Performance Of Perforated Screen Seawall In Dissipating Waves, Minimizing Reflected Wave And Run-Up/Run-Down
- Thaha A dan Puspita A.I.Dwi. 2011. Studi Model Disipasi Dan Run-Up/Run-Down Gelombang Pada Revetment Bertirai. Seminar Nasional-1 Bmptssi Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Triatmojo, Bambang. 1999. Teknik Pantai. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B., Teori Gelombang I, Fakultas Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Yong Liu and Carla Faraci. 2014. Analysis Of Orthogonal Wave Reflection By A Caisson With Open Front Chamber filled With Sloping Rubble Mound. Elsevier. Coastal Engineering. Vol. 91 : 151–163