

KAJIAN KONSEPTUAL PEMECAH GELOMBANG

Feril Hariati¹, Fadhila Muhammad Libasut Taqwa², Alimuddin³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Sains Universitas Ibn Khaldun Bogor

Jl. KH. Sholeh Iskandar KM 2 Kedungbadak Tanah Sareal Bogor 16162

e-mail: ¹ feril.hariati@uika-bogor.ac.id

ABSTRAK

Pemecah gelombang selama ini hanya dikenal sebagai salah satu struktur pelindung pantai terhadap erosi dan abrasi. Meskipun demikian ada fungsi lainnya, yaitu sebagai pelindung daerah pelabuhan dari gangguan gelombang. Pemecah gelombang memiliki kemampuan mengurangi tinggi gelombang dengan cara memecahkan gelombang melalui pori-pori batuan penyusunnya. Tulisan ini bertujuan untuk melakukan tinjauan literatur terhadap jenis dan fungsi pemecah gelombang, serta aplikasi pemecah gelombang di Indonesia. Dalam tulisan ini dikemukakan 2 (dua) jenis pemecah gelombang, yaitu: pemecah gelombang tenggelam, dan pemecah gelombang tidak tenggelam serta solusi alternatif berupa penggunaan pemecah gelombang terapung.

Kata Kunci: Pemecah gelombang, pelindung pantai, aplikasi pemecah gelombang.

ABSTRACT

Breakwaters are known as one of the coastal protection structures against erosion, abrasion, and protection of the port area from wave disturbances. The breakwater can reduce wave height by breaking the wave through the pores of the constituent rock. This paper aims to conduct a literature review on the types and functions of breakwaters, as well as the application of breakwaters in Indonesia. In this paper, 2 (two) types of breakwaters are discussed: submerged breakwater, and detached breakwater. An alternative solution is proposed, a floating breakwater.

Keywords: Breakwater, coast protection, breakwater application.

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia dengan potensi wilayah terdiri dari 17.480 pulau dengan bentangan laut seluas 5,8 juta km² serta memiliki garis pantai terpanjang keempat di dunia yaitu 95.181km, memiliki tingkat resiko yang sangat tinggi terhadap bahaya abrasi, terutama mengingat bahwa lebih dari 60% masyarakat Indonesia tinggal di kawasan pesisir. (Sugianto, 2020). Gambaran tingkat resiko bahaya akibat gelombang pasang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta indeks resiko bahaya gelombang pasang (abrasi) di Indonesia (sumber: BNPB, 2016)

Tingkat kerentanan kawasan pesisir terhadap abrasi terutama di kawasan Pantai Utara Jawa (Pantura) telah ditinjau sebelumnya dengan menggunakan citra

satelit dan identifikasi lapangan, di antaranya di Muara Baru, Jakarta (Hariati & Lutfi, 2013), Muara Gembong, Bekasi (Alimuddin, 2018; Alimuddin & Aryanti, 2020), dan kawasan Pantai utara Semarang (Sugianto, 2020).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Gelombang yang disertai dengan arus, pasang surut dan badai, merupakan penyebab utama dari erosi pantai. Berbagai jenis struktur pantai dapat berfungsi untuk memecahkan atau mengurangi masalah. Struktur pantai dapat memberikan perlindungan secara langsung, contohnya pemecah gelombang, dinding pantai dan tanggul. (Triatmodjo, 1996; Taqwa & Hariati, 2013).

Selain itu beberapa jenis struktur pantai memberikan perlindungan secara tidak langsung, seperti pemecah gelombang lepas pantai, yang berfungsi mengurangi beban hidrolik pantai. (Triatmodjo, 2020).

Dari beberapa jenis struktur pelindung pantai, pemecah gelombang merupakan jenis yang paling sering digunakan sebagai struktur pelindung pantai dalam mengurangi laju erosi. Pemecah gelombang merupakan struktur bangunan yang terletak di pantai dan perairan dangkal yang memiliki fungsi utama mengurangi tinggi gelombang, sehingga perairan yang berada di belakangnya lebih tenang.

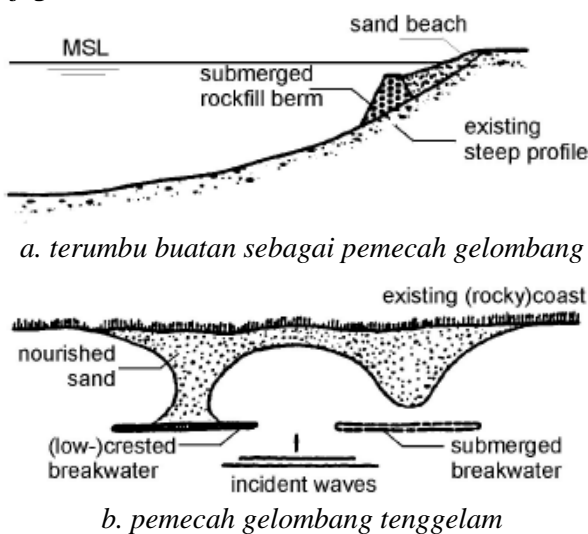
Efektifitas pemecah gelombang dapat diukur dengan mengukur koefisien transmisi (K_T). Semakin kecil koefisien transmisi maka semakin efektif pemecah gelombang ini. (Wurjanto dkk, 2010). K_T didefinisikan sebagai perbandingan tinggi gelombang datang terhadap tinggi gelombang setelah melewati pemecah gelombang. Nilai K_T mempunyai kisaran $0 < K_T < 1$, dengan nilai 0 menyatakan tidak terjadi transmisi dan nilai 1 menyatakan terjadi transmisi penuh. Faktor yang mengontrol transmisi antara lain tinggi serta lebar puncak struktur, kemiringan struktur, susunan inti struktur dan lapisan pelindung (permeabilitas dan kekasaran), pasang surut dan tinggi muka air rencana, tinggi gelombang serta periode.

Secara umum, pemecah gelombang dibedakan menjadi dua jenis, pemecah gelombang tenggelam (*submerged breakwater*) dan pemecah gelombang tidak tenggelam (*detached breakwater*). Acuan yang digunakan untuk memilih jenis pemecah gelombang yang akan digunakan sangat tergantung pada fungsi pantai itu sendiri.

Dalam makalah ini akan dibahas fungsi dari tiap jenis pemecah gelombang serta pengaruhnya terhadap penurunan tinggi gelombang.

2.1 Pemecah Gelombang Tenggelam

Pemecah gelombang tenggelam merupakan jenis struktur yang puncak bangunannya berada di bawah permukaan air. Jenis ini umum digunakan sebagai struktur pelindung pantai. Bisanya penggunaannya dikombinasikan dengan metode penambahan pasir pada pantai (*beach nourishment*). Kegunaannya adalah mengurangi beban hidrolik sehingga mencapai suatu tingkatan di mana keseimbangan dinamis pantai masih terjaga.

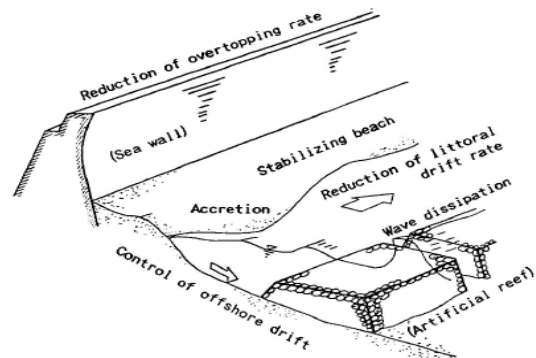


Gambar 2 Jenis Pemecah Gelombang Tenggelam (Sumber: Pilarczyk, 2003)

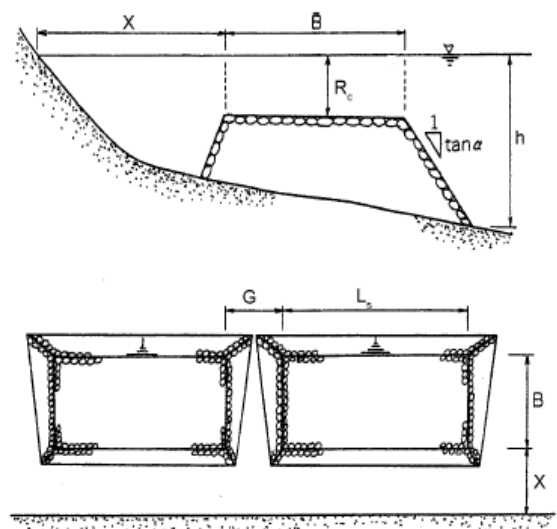
Untuk mencapai tujuan ini, pemecah gelombang tenggelam direncanakan sedemikian rupa, sehingga

memungkinkan terjadinya transmisi sejumlah energi gelombang dengan cara *overtopping* dan juga transmisi melalui celah-celah batuan dari struktur. Pemecah gelombang ini juga mengurangi energi gelombang dengan memecahkan energi gelombang yang melintasi struktur tersebut.

Pemecah gelombang tenggelam sangat sesuai untuk daerah pantai yang berfungsi sebagai kawasan pariwisata, di mana nilai estetika merupakan hal yang utama. Tetapi dalam kondisi pasang surut dan badai, pemecah gelombang tenggelam dengan puncak struktur yang sempit tidak efektif untuk dalam mengurangi tinggi gelombang. Oleh karena itu, jenis pemecah gelombang dengan puncak yang lebar atau lebih dikenal sebagai terumbu buatan, lebih terkenal, terutama di Jepang (Yoshioka dkk, 1993). Akan tetapi, struktur dengan puncak lebar lebih mahal dibandingkan dengan puncak sempit. Penggunaannya harus didukung dengan studi ekonomi. Pengembangan mengenai jenis bahan dan system pemasangan di lapangan, misalnya dengan menggunakan *geo-tubes* yang diisi pasir sebagai material inti, dapat mengurangi biaya (Pilarczyk, 2003).



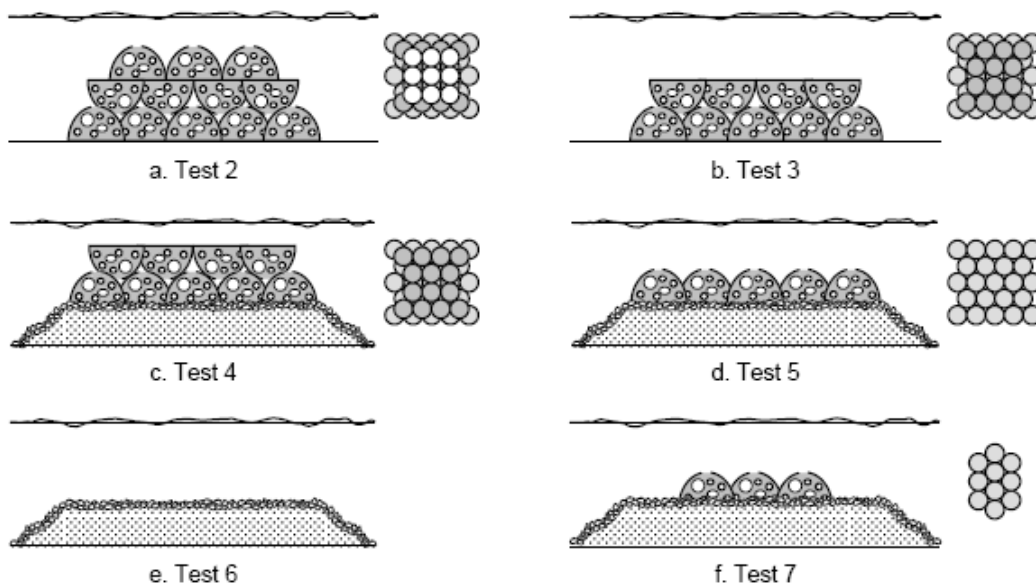
Gambar 3 Pemecah gelombang dengan terumbu buatan (Sumber: Yoshioka et.al, 1993).



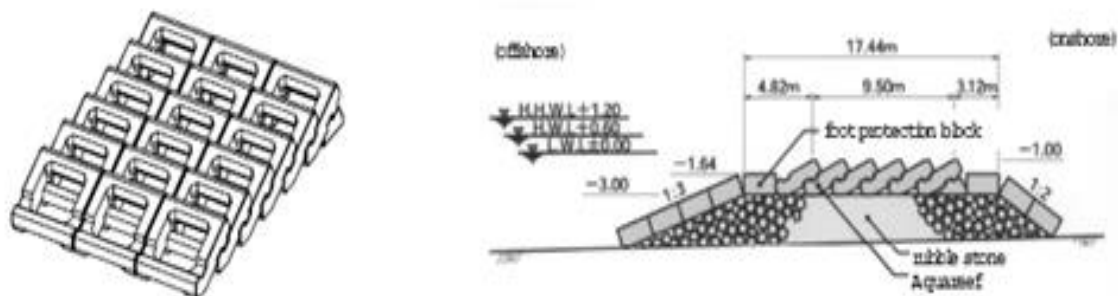
Gambar 4 Definisi pemecah gelombang tenggelam
(Sumber: Pilarczyk, 2003)

Aspek desain yang diperlukan dalam merencanakan pemecah gelombang tenggelam antara lain karakteristik gelombang transmisi, desain fungsional serta stabilitas batuan. Selain itu, pemecah gelombang tenggelam merupakan jenis struktur yang ramah lingkungan. Kelemahan dari jenis ini adalah biaya konstruksi yang tinggi dan tingkat kesulitan dalam memperkirakan respon pada pantai akibat adanya struktur tersebut. Tetapi perlu dicatat bahwa pemecah gelombang tenggelam tidak hanya dapat digunakan untuk mengontrol garis pantai, juga dapat mengurangi beban gelombang pada struktur pantai seperti tanggul.

Perkembangan terkini dari pemecah gelombang tenggelam adalah di bidang pemilihan material penyusun struktur. Selama ini, material penyusun struktur pemecah gelombang berupa batuan. Beberapa penelitian mengenai pemecah gelombang tenggelam menggunakan material terumbu buatan, seperti yang dilakukan oleh Armono dan Hall (2002), dengan menggunakan material terumbu buatan berbentuk *Hemispherical Shape Artificial Reef* (HSAR). Bentuk lain dari pemecah gelombang tenggelam dengan material terumbu buatan *aqua block*. (Armano, 2004) Kedua jenis pemecah gelombang ini memiliki nilai tambah sebagai salah satu upaya pelestarian lingkungan.



Gambar 5 Susunan pemecah gelombang tenggelam HSAR (Sumber: Armano dan Hall, 2003)



Gambar 6 Susunan pemecah gelombang tenggelam *Aqua blocks*
(Sumber: Yoshioka dkk, 1993)

Nilai tambah dari pemecah gelombang dengan material terumbu buatan adalah dapat digunakan sebagai tempat tumbuhnya karang dan habitat hewan laut. Tipe ini sesuai untuk pantai yang digunakan sebagai kawasan pariwisata dengan jenis wisata bahari.

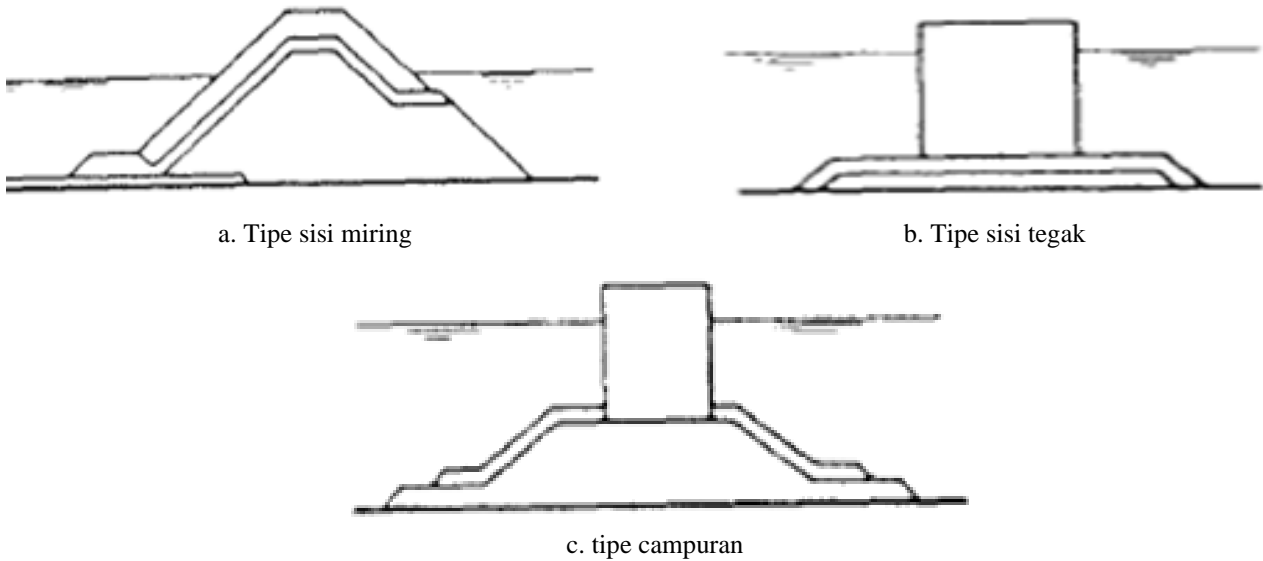
Hal yang perlu diperhatikan adalah pemecah gelombang tenggelam umumnya diterapkan pada daerah pantai yang memiliki tinggi gelombang yang

cukup kecil. Tipe ini sangat rentan terhadap kondisi perairan yang sering terkena badai. Terutama jenis pemecah gelombang yang menggunakan material terumbu buatan. Selain itu arus tinggi merupakan kondisi yang tidak kondusif untuk pertumbuhan karang.

2.2 Pemecah Gelombang Tidak Tenggelam

Pemecah gelombang tidak tenggelam terdiri dari tiga bentuk dasar (1) sisi miring, (2) sisi tegak, (3)

campuran. Jenis pemecah gelombang diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Tipe dasar pemecah gelombang tidak tenggelam (Sumber: Triatmodjo, 1996)

Pemecah gelombang tidak tenggelam umumnya dipakai pada daerah pelabuhan. Dalam desain, parameter utamanya adalah berapa tinggi gelombang yang diijinkan pada daerah di belakang pemecah gelombang. Oleh karena itu, *overtopping* yang diijinkan relatif kecil. Selain itu, dalam perencanaan, kriteria stabilitas menjadi parameter yang diperlukan. Karena pemecah gelombang tidak tenggelam harus

mampu menahan gaya gelombang yang bekerja. Pada pemecah gelombang sisi miring, butir-butir batu atau blok beton harus diperhitungkan sedemikian rupa, sehingga tidak runtuh oleh serangan gelombang. Demikian pula pemecah gelombang sisi tegak harus mampu menahan gaya-gaya pengguling yang disebabkan oleh gaya gelombang dan tekanan hidrostatik.



Gambar 8 Aplikasi pelindungan pantai di Pantai Kuta (Sumber: Triatmodjo, 2020)

Sangat berbeda dengan pemecah gelombang tipe tenggelam, tipe pemecah gelombang tidak tenggelam

dapat diterapkan pada kondisi perairan dengan gelombang dan arus tinggi. Pemecah gelombang tipe

sisi miring umumnya terbuat dari batu. Terdiri dari lapisan inti (*core*) yang terdiri dari batuan dengan berat 5 sampai 10 kilogram, dengan lapisan pelindung yang terdiri dari batu-batuan besar dengan berat 2 sampai 25 ton.

Karena material batu dengan berat mencapai 25-ton mulai sulit didapat, maka pemakaian batu buatan yang terbuat dari beton mulai dipertimbangkan. Beberapa jenis batu buatan antara lain tetrapod, quadripod, tribar dan dolos.

Stabilitas pemecah gelombang sisi miring erat kaitannya dengan stabilitas batu pelindungnya. Oleh karena itu, ukuran berat batuan merupakan hal yang perlu diperhitungkan dalam merencanakan struktur bangunan jenis ini. Energi gelombang dapat dihancurkan melalui *run-up* pada permukaan sisi miring, gesekan dan turbulensi yang disebabkan ketidakrataan permukaan.

Pemecah gelombang sisi tegak energi gelombang datang akan dipantulkan kembali. Gelombang yang dipantulkan kemudian bertemu dengan gelombang datang berikutnya, sehingga akan terjadi gelombang stasioner yang disebut klaposis. Tinggi gelombang ini bisa mencapai dua kali tinggi gelombang datang. Oleh karena itu tinggi pemecah gelombang di atas muka air pasang tertinggi tidak boleh kurang dari 1,3 sampai 1,5 kali tinggi gelombang maksimum (Triatmodjo, 1996). Material pemecah gelombang sisi tegak adalah *caisson*, yaitu sebuah boks beton berongga. Penggunaan beton tipe buis yang diisi dengan pemberat digunakan sebagai pelindung pantai di Desa Timbulsloko, diperlihatkan pada Gambar 9.

Dibandingkan sisi miring, tipe ini lebih mudah dalam segi konstruksinya, tetapi dari segi ekonomi sangat mahal.



Gambar 9 Aplikasi pemecah gelombang di Desa Timbulsloko, Kec. Sayung Kab. Demak (Sumber: Sugianto, 2020)

Selain jenis pemecah gelombang miring dan tegak, terdapat jenis pemecah gelombang tipe campuran. Tipe campuran digunakan apabila kedalaman air sangat tinggi, sedangkan kondisi tanah dasar tidak cukup baik.

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam menentukan jenis pemecah gelombang yang akan digunakan sebagai pelindung kawasan pantai perlu dipertimbangkan fungsi dari pantai itu sendiri. Untuk pantai yang akan dijadikan sebagai kawasan pariwisata, maka pemakaian pemecah gelombang tenggelam perlu dipertimbangkan. Sedangkan untuk pelabuhan maka pemakaian gelombang tidak tenggelam harus dipertimbangkan.

Kriteria dalam memilih jenis pemecah gelombang tidak tenggelam untuk pelabuhan juga harus ditinjau dari segi ekonomis, tidak hanya dari segi kedalaman pelabuhan atau tinggi gelombang. Apabila segi pengembangan pelabuhan merupakan

pertimbangan utama, maka pemakaian tipe tegak perlu dipertimbangkan, karena daerah di belakang pemecah gelombang dapat digunakan sebagai dermaga.

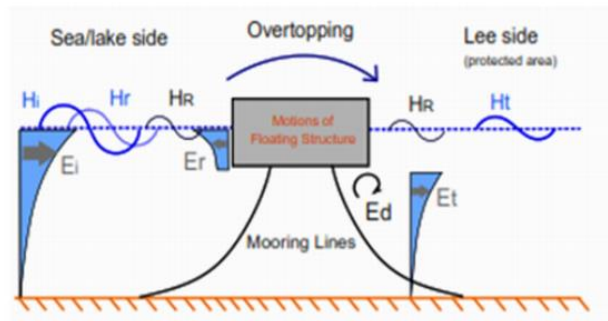
Kedua jenis pemecah gelombang yang telah dijelaskan sebelumnya memiliki kelemahan sebagai berikut: (Fithriadhy, 2020)

1. Walaupun secara efektif dapat menurunkan energi gelombang, pemecah gelombang masih rentan terhadap gelombang pantul (*wave reflection*)
2. Memiliki efek negatif terhadap pantai dan pesisir di belakangnya, akibat penguatan (amplifikasi) gelombang, serta mengganggu transport sedimen di sepanjang pantai
3. Biaya konstruksi yang sangat tinggi.

Solusi alternatif terhadap kelemahan yang telah disebutkan di atas adalah dengan membangun konstruksi pemecah gelombang apung (*floating breakwater*), dimana pemecah gelombang apung memiliki keunggulan seperti fleksibilitas, biaya yang

lebih ekonomis, mudah dipindahkan, ramah lingkungan, mampu mengurangi energi gelombang

datang dan tidak mengganggu proses transport sedimen. (Hales, 1981)

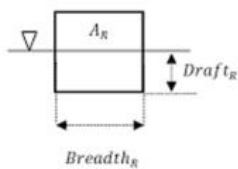


Gambar 10 Mekanisme dasar pemecah gelombang tipe apung (*floating breakwater*) (Sumber: Fithriadhy, 2020)

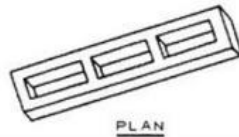
Secara umum, jenis *floating breakwater* terdiri dari struktur reflektif (*reflective structure*) seperti tipe box, tipe Alaska dan pontoon; serta struktur disipatif (*dissipative structure*) seperti tipe rakit (*mat*), *tethered*

float dan *mesh (cage)*. Ilustrasi masing – masing tipe struktur diperlihatkan pada Gambar 11, sedangkan koefisien transmisi (K_T) diperlihatkan pada tabel 1 di bawah ini.

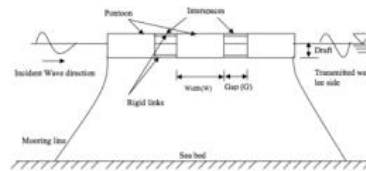
Reflective Structure



Box type FB

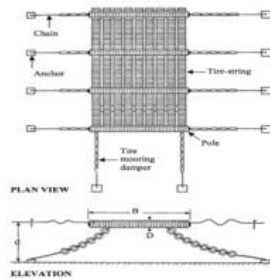


Alaska type FB

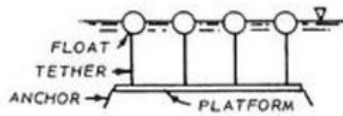


Pontoon type FB

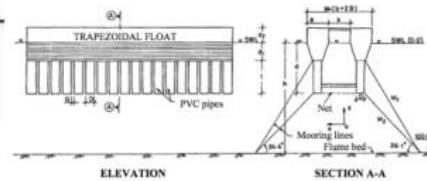
Dissipative Structure



Mat type FB



Tethered float FB



Cage FB

Gambar 11 Jenis struktur pemecah gelombang tipe apung (*floating breakwater*) (Sumber: Fithriadhy, 2020)

Tabel 1 Koefisien transmisi pemecah gelombang tipe apung (*floating breakwater*)

Konfigurasi	Rasio draf terhadap kedalaman (d/h)	Rasio lebar struktur terhadap panjang gelombang (W/L)	Koefisien Transmisi (K_T)
Double pontoon FB	0,78	> 0,6	< 0,50
Floating tire	0,16 – 0,32	> 1,20	< 0,50
Sloping FB	0,27	> 0,58	< 0,50
Dual pontoon FB	0,20	> 0,65	< 0,50
Interconnected multiple pontoon FB	0,20	> 0,60	< 0,50
Cage floating FB	0,46	> 0,14	< 0,50
Twin pontoon FB	0,40	> 0,12	< 0,50

Sumber: Fithriadhy, 2020

4. KESIMPULAN

Fungsi utama pemecah gelombang tidak hanya terbatas sebagai struktur pelindung pantai. Pemecah gelombang juga berfungsi sebagai struktur yang dapat menghalangi gelombang masuk ke dalam wilayah perairan yang berada di belakangnya. Oleh karena itu, dalam memilih jenis yang akan digunakan, diperlukan pertimbangan terhadap fungsi kawasan pantai yang akan dilindungi, fungsi ekologis lingkungan dan pengaruhnya terhadap transport sedimen.

REFERENSI

- Alimuddin, A. (2018). Alternatif Penanggulangan Abrasi di Pantai Muara Gembong, Bekasi, *Jurnal Komposit*, 2 (1) pp. 9 - 17
<http://dx.doi.org/10.32832/komposit.v2i1.1547>
- Alimuddin, A. & Aryanti, D. (2020). Kajian Perubahan Garis Pantai Muara Gembong, Bekasi, *Rona Teknik Pertanian*, 13 (2) pp. 71 – 83.
- Armono, H.D., Hall, K.R. (2003). Wave Transmission on Submerged Breakwaters Made of Hollow Hemispherical Shape Artificial Reef, *Proceeding Canadian Coastal Conference*. Toronto.
- Armono, H.D. (2004). Artificial Reef as Shoreline Protection Structures. *Proceeding Seminar Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan IV*. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2016). *Resiko Bencana Indonesia*. Jakarta, Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Fitriady, A. (2020). Challenge and Alternative Solution: Development of an Optimized Twin-Pontoon Floating Breakwater. *Webinar Tantangan Pembangunan Struktur Pantai di Indonesia*. Departemen Oseanografi FPIK Universitas Diponegoro.
- Hales, L.Z. (1981). Floating breakwaters: State of the art, literature review. *Hydraulic Engineering Report*. Wicksburg., USACE Coastal Engineering Research Center.
- <http://resolver.tudelft.nl/uuid:9c654831-6d09-4470-b175-d7c308e89ff5>
- Hariati, F. & Lutfi, M. (2013) Identifikasi Keruntuhan Tanggul Laut Muara Baru Penjaringan, *Prosiding LPPM Uika Bogor*, pp. 151-162.
<http://pkm.uika-bogor.ac.id/index.php/prosiding/article/view/40>
- Meer, J.W. (1998) Geometrical Design for Coastal Structure, *Ingram Publication No.2*, Rotterdam.
- Pilarczyk, K.W. (2003). Design of Low Crested Structure, *Proceeding 6th International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries*, Colombo, Sri Lanka.
- Sugianto, D.N. (2020). Pembangunan Pelindung Pantai sebagai Upaya Mitigasi Bencana Kerusakan Pantai akibat Erosi di Wilayah Pesisir. *Webinar Tantangan Pembangunan Struktur Pantai di Indonesia*. Departemen Oseanografi FPIK Universitas Diponegoro.
- Taqwa, F.M.L & Hariati, F (2013). Studi Kelayakan Pembangunan Alur Pelayaran di Muara Sungai Ciujung Lama Kabupaten Serang, *Astonjadro*, 2 (2)
<http://dx.doi.org/10.32832/astonjadro.v2i2.796>
- Triatmodjo, B. (1996). *Pelabuhan*, Yogyakarta, Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (2020). Rekayasa Sungai dan Pantai: Pembangunan Berwawasan Lingkungan. *Webinar Tantangan Pembangunan Struktur Pantai di Indonesia*. Departemen Oseanografi FPIK Universitas Diponegoro.
- Wurjanto, A., Ajiwibowo, H. Zamzami, R. (2010). Pemodelan Fisik 2-D untuk Mengukur Tingkat Efektifitas *Perforated Skirt Breakwater* pada Kategori Gelombang Panjang. *Jurnal Teknik Sipil*, 17 (3), pp. 211 – 226.
- Yoshioka, K., Kawakami, T., Tanaka, S., Koarai, M. and Uda, T., (1993). Design Manual for Artificial Reefs, *Proceeding Coastlines of Japan – Vol. II*, Yoshimi Nagao (ed.), pp. 93-107.