



KINERJA TEMBOK LAUT TIPE RUANG GANDA UNTUK MEREDUKSI GELOMBANG LAUT PANJANG DAN EKSTRAKSI ENERGI

Firman Husain

Departemen Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin
firman.husain@unhas.ac.id

Abstrak

Kerusakan pantai yang disebabkan oleh serangan gelombang laut telah meningkat secara signifikan pada saat ini. Hal ini akan berdampak pada hilangnya tempat tinggal dan sumber ekonomi masyarakat pesisir. Bahkan di beberapa kejadian juga telah memakan korban nyawa. Oleh karena itu maka pesisir laut yang rentang terjadi kerusakan perlu dibuatkan sebuah tembok laut yang bisa menahan serangan gelombang laut baik pada tipe gelombang pendek maupun untuk tipe gelombang laut panjang yang biasanya dibangkitkan oleh angin badai. Pada penelitian ini sebuah tipe tembok laut dengan ruang ganda telah diuji. Dari hasil pengujian terlihat bahwa tembok laut jenis ini efektif untuk bisa menahan serangan gelombang laut baik yang gelombang pendek maupun gelombang laut panjang karena keberadaan ruang ganda yang bisa memperluas range dari frekuensi gelombang sehingga tinggi gelombang yang mengenai konstruksi bisa dikurangi. Pada penelitian ini juga telah dikonfirmasi bahwa nilai amplifikasi gelombang berkisar 2,5 kali dari tinggi gelombang datang, yang berarti energi gelombang dalam ruang tembok laut bisa untuk dimanfaatkan.

Kata Kunci: Pantai, Gelombang, Tembok laut dan Amplifikasi Gelombang

Abstract

Coastal damage caused by sea wave attack has increased significantly recently. This will have an impact on the loss of residence and economic resources of coastal communities. In some incidents it has even claimed lives. Therefore, it is necessary to build a sea wall that can withstand the attack of sea waves both for short wave types and for long sea wave types which are usually provoked by storm winds. In this study a seawall type with double chambers was tested. From the test results it can be seen that this type of seawall is effective in being able to withstand attacks by sea waves both short and long seas because of the existence of double spaces that can expand the range of wave frequencies so that wave height can be reduced constructionally. In this study it has also been confirmed that the wave amplification value is around 2.5 times the incident wave height, which means that the wave energy in the seawall chamber can be utilized.

Keyword: Beaches, Waves, Seawalls and Wave Amplification

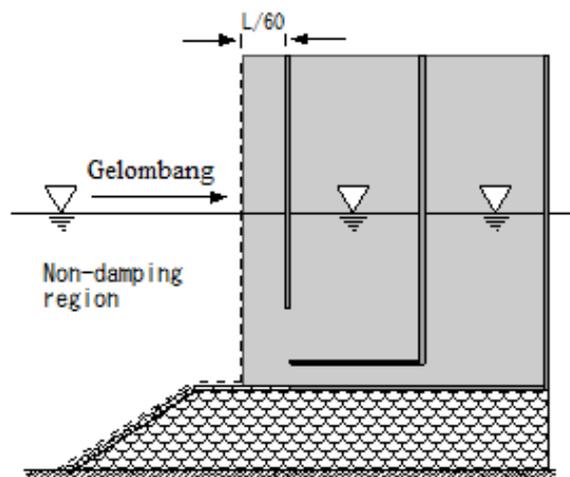
1. PENDAHULUAN

Meningkatnya serangan gelombang tinggi yang disebabkan oleh badai akan berdampak buruk pada area pesisir pantai. Akumulasi dari angin kencang, gelombang laut dan air pasang secara signifikan memproduksi ancaman terhadap kehidupan masyarakat dan rusaknya infrastruktur di area pinggir laut [1]. Kerusakan juga bisa disebabkan oleh adanya limpasan air laut melewati struktur tembok laut yang akan menggerus pantai [2]. Oleh karena itu maka dibutuhkan perlindungan terhadap pantai untuk menjaga agar kerusakan pantai bisa diminimalisir dari serangan gelombang. Struktur pelindung pantai ini diharapkan tidak hanya cocok untuk gelombang pendek tetapi juga untuk gelombang panjang yang biasanya dibangkitkan oleh badai. Pelindung pantai tipe terendam juga bisa digunakan untuk mengurangi tinggi gelombang akan tetapi tipe ini cocok untuk gelombang pendek [3] and [4]. Saat ini, berbagai jenis tembok laut telah dibangun di banyak tempat di seluruh



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

dunia untuk melindungi wilayah pesisir dari terjangan gelombang. Sedangkan beberapa model tembok laut lainnya masih dalam tahap penelitian dengan skala laboratorium untuk menyelidiki kinerjanya dalam mengurangi refleksi gelombang dan limpasan gelombang. Penggunaan tembok laut vertikal model konvensional untuk melindungi wilayah pesisir dengan model tembok laut berpori berupa kaisan yang diusulkan [5] juga bisa dimanfaatkan sebagai pelindung pantai karena jenis ini menunjukkan kinerja yang baik untuk mengurangi gelombang pantul dan limpasan gelombang [6]. Tetapi tipe ini juga digunakan pada kondisi terbatas. Dimana biasanya lebar ruang air sekitar seperempat dari panjang gelombang. Pada tulisan ini sebuah model tembok laut dengan model ruang ganda akan diuji untuk melihat kemampuannya, modifikasi model ganda dengan pelat datar horizontal dibawah ruang air pertama. Sehingga antara ruang air pertama dan kedua dipisahkan oleh pelat berbentuk huruf L. Hal ini bertujuan untuk perbaikan dari tipe sebelumnya dan juga untuk perluasan rentang frekuensi gelombang efektif dari disipasi gelombang pantul serta amplifikasi gelombang didalam ruang air. Sebagai tambahan sebuah model dengan sudut miring sebagai ganti bentuk L untuk menguji nilai amplifikasi gelombang pada ruang air juga akan dibahas dalam tulisan ini. Perbandingan analisis antara eksperimen dan simulasi akan dilakukan untuk melihat hasilnya. Model disimulasikan menggunakan persamaan integral batas yang dikembangkan oleh [7], pada analisis ini efek disipasi energi gelombang yang signifikan akibat pemisahan aliran dan pusaran yang dihasilkan di dalam ruang telah dipertimbangkan. Penggunaan ruang ganda ini ditujukan untuk memperluas rentang frekuensi gelombang efektif yang dipantulkan, disamping itu juga bisa dilihat amplifikasi dari tinggi gelombang di dalam ruang ganda. Pada analisis ini di asumsikan bahwa batas daerah wilayah gelombang redam yakni $1/60$ dari panjang gelombang didepan model, seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Sketsa model tembok laut dengan area redaman dan non-redaman

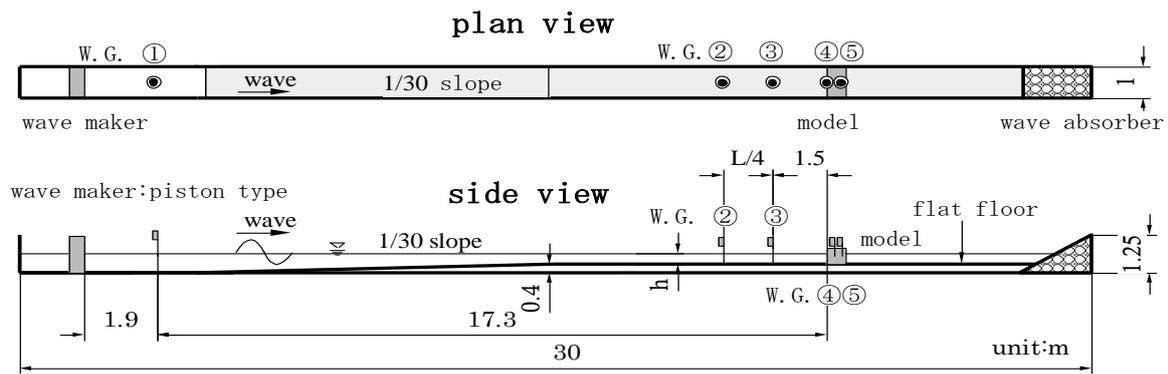
2. METODE

2.1. Persiapan pengujian

Penelitian ini dilakukan di tanki flume dengan panjang 30 m, lebar 1 m dan tinggi 1,25 m. Untuk merekam tinggi gelombang digunakan lima alat ukur. Yang masing-masing ditempatkan di dalam tangki, dimana alat ukur pertama di letakkan di dekat pembangkit gelombang untuk mengukur ketinggian gelombang datang, yang kedua dan ketiga diletakkan di depan benda uji untuk mengukur tinggi gelombang pantul. Sedangkan alat ukur tinggi gelombang ke empat dan kelima masing-masing diletakkan di dalam ruang tembok laut pertama dan kedua. Adapun sketsa tanki flume dapat dilihat pada gambar 2.



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Gambar 2. Tanki flume dan instalasi alat pengujian

Model tembok laut diletakkan didalam tanki flume dengan jarak sekitar 19,2 m dari pembangkit gelombang. Model ini dibuat dengan skala 1,25 dari prototipe atau disesuaikan dengan kondisi perairan dimana rencana akan digunakan. Lebar kedua ruang pada model tidak sama besar dimana ruang pertama 25 cm dan ruang kedua 23 cm. model terbuat dari bahan plastik akrilik dengan ketebalan 1 cm. Pada penelitian ini besaran bukaan bawah pada model yaitu tempat masuknya air laut ketika gelombang sampai ke model dibuat dua ukuran yaitu 5 cm dan 10 cm. Efek dari kedua bukaan ini akan dibandingkan dan disajikan. Pada penelitian ini tambahan model tepi bawah pada pemisah ruangan air dengan bentuk bevel juga akan diujucoba. ijico

2.2. Kondisi pegujian

Pengujian model dilakukan pada kisaran periode gelombang 0,7 detik hingga 3,5 detik. Untuk setiap kondisi periode gelombang, digunakan dua tinggi gelombang yang berbeda yaitu $H = 8$ cm dan 16 Cm. untuk kondisi periode gelombang yang relatif pendek, tinggi gelombang yang digunakan hanya 8 cm, dikarenakan pertimbangan gelombang pecah. Adapun ketinggian air yang digunakan pada flume tank untuk pengujian ini yaitu 50 cm dari dasar tanki, sedangkan ketinggian air dari model yaitu 34,5 yang diukur dari dasar pada lantai ruangan. Ketinggian ini dijaga konstan selam percobaan dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa numerik yang digunakan dalam pengujian ini didasarkan pada metode distribusi sumber gelombang dengan redaman linier yang proporsional dengan kecepatan fluida. Dalam Analisa numerik ini, pada awalnya domain fluida disekitar model dibagi menjadi dua daerah yaitu daerah gelombang non-redaman dan redaman seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Beberapa jarak dari model atau sekitar $1/60$ dari panjang gelombang kearah bagian laut dari daerah semi-infinite diasumsikan sebagai daerah gelombang non-damping, dimana teori aliran potensial non-damping dapat diterapkan. Daerah aliran sekeliling model diasumsikan sebagai daerah gelombang damping dimana dissipasi energi gelombang yang terjadi sebanding dengan kecepatan fluida. Pada daerah gelombang redaman juga diasumsikan bahwa vortisitas terdistribusi secara seragam dalam domain fluida. Persamaan gerak yang dihasilkan diturunkan dari persamaan yang dikeluarkan oleh [8] untuk struktur berpori homogen,

$$\frac{\partial \bar{q}}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \nabla (p + \gamma z) - f_c \omega \bar{q} \quad (1)$$

Dimana, \bar{q} adalah vector kecepatan fluida disekitar model, ρ adalah kerapatan massa fluida, ∇ adalah operator gradien, p adalah tekanan fluida, γ adalah berat jenis fluida, z adalah koordinat arah vertical, ω adalah frekuensi sudut gelombang dan f_c adalah koefisien redaman linier.

Gerak fluida yang digambarkan pada persamaan 1 adalah irrotasional, oleh karen itu potensial kecepatan dapat didefinisikan pada dalam daerah gelombang redaman yang ideal. Untuk merepresentasikan potensial kecepatan di setiap wilayah, maka metode distribusi sumber gelombang yang harus pertama digunakan.



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Selanjutnya dipertimbangkan kondisi batas yang cocok antara dua wilayah gelombang, yaitu redaman dan non-redaman. Untuk Analisa daerah gelombang non-damping digunakan metode batas gelombang dengan fungsi green,

$$G(x, z; X, Z) = -\frac{i}{k} \frac{(k^2 - k_0^2)}{(k^2 - k_0^2)h + k_0} \cosh k(h+z) \cdot \cosh k(h+\bar{Z}) \exp(ik_x|x-X|) - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{k_n} \frac{(k_n^2 + k_0^2)}{(k_n^2 + k_0^2)h - k_0} \cos k_n(h+z) \cdot \cos k_n(h+Z) \exp(-k_n|x-X|) \quad (2)$$

Sedangkan analisa untuk daerah gelombang damping menggunakan fungsi green,

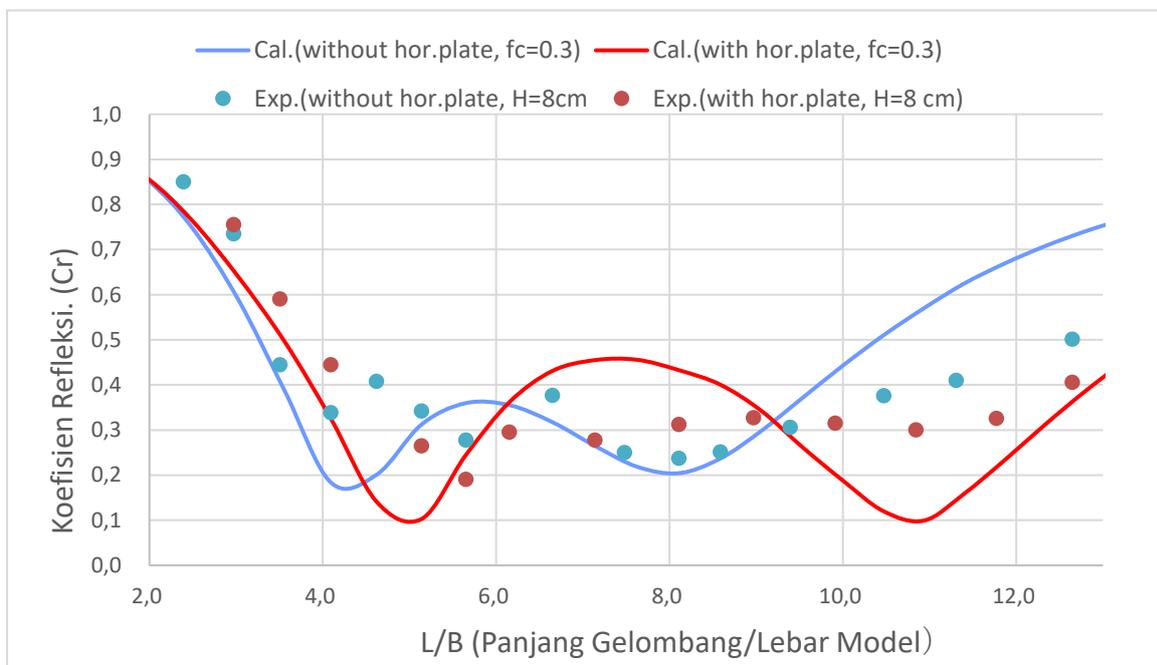
$$G_D(x, z; X, Z) = -\sum_{n=0}^{\infty} \frac{i}{m_n} \frac{(m_n^2 - l^2)}{(m_n^2 - l^2)h + l} \cos m_n(h+z) \cdot \cos m_n(h+Z) \exp(im_n|x-X|) \quad (3)$$

Dimana λ diperoleh dari persamaan (4), dimana μ_n adalah sebuah bilangan gelombang kompleks, yang diberikan untuk menyelesaikan persamaan hubungan dispersi pada daerah gelombang redam,

$$\lambda = \frac{\omega^2}{g} (1 + if_c) = \mu_n \tanh(\mu_n h) \quad (4)$$

3.1. Refleksi Gelombang

Gambar 3 menunjukkan hasil koefisien refleksi gelombang dari model sebagai fungsi dari L/B. Dimana L adalah panjang gelombang dikedalam air yang diukur pada kaki model dan B adalah lebar dari model. Pada gambar diperlihatkan dua nilai koefisien refleksi yaitu nilai dimana pembatas ruang pertama dengan pelat datar yang tersambung dan pemisah ruang yang tidak menggunakan pelat datar. Perhitungan Analisa numeriknya juga diperlihatkan dan nilai koefisien redaman dipilih 0,3 sebagai nilai percobaan.



Gambar 3. Sketsa gambar tanki flume

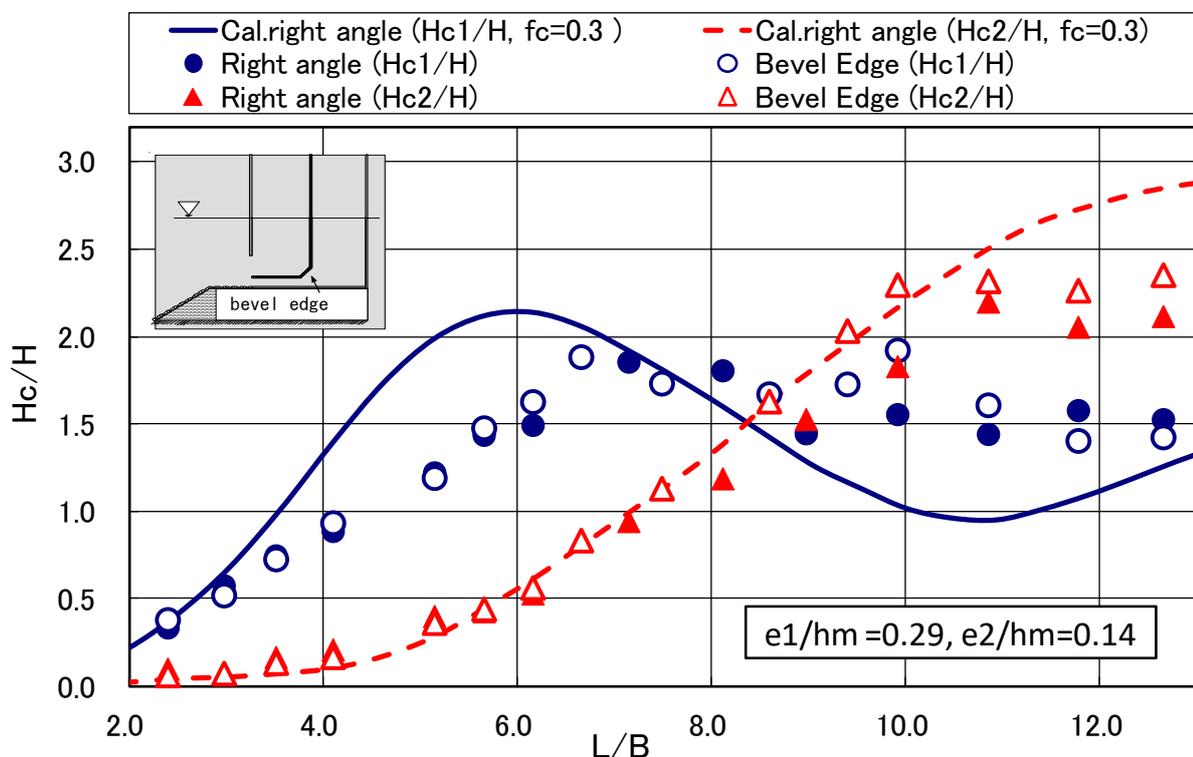


copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Dari gambar dapat dilihat bahwa terdapat dua titik nilai minimum refleksi dari gelombang dari nilai L/B yang berbeda terlepas dari ada atau tidak adanya pelat datar dan ini cenderung kelihatan lebih jelas dari hasil komputasi. Hal ini disebabkan oleh eksitasi resonansi, separasi aliran dan formasi pusaran yang dihasilkan disekitar tepi bawah dari tembok ruang pertama ketika aliran air masuk ataupun keluar ruangan. Oleh karena itu, disipasi energi gelombang meningkat di bawah kondisi resonansi gelombang ini. Dengan penambahan pelat horizontal, maka titik pantulan minimum yang sesuai dengan nilai L/B yang lebih besar bergeser ke kondisi gelombang yang lebih panjang, yaitu dari $L/B = 8$ menjadi 11. Hal ini mungkin disebabkan oleh peningkatan jumlah massa air yang beresilasi untuk ruang air kedua oleh karena keberadaan pelat horizontal. Maka dari itu tembok laut tipe ruang ganda ini efektif untuk menghilangkan gelombang pantul untuk rentang frekuensi yang lebih luas.

3.2. Ekstraksi Energi Gelombang

Untuk ekstraksi energi gelombang yang efektif, nilai amplifikasi gelombang yang jauh lebih besar dalam ruang air biasanya diperlukan untuk rentang frekuensi gelombang yang lebih luas. Perangkat ekstraksi tenaga gelombang berdasarkan tipe kolom air berisolasi adalah tipe yang umum dan bagus. Gambar 4 memperlihatkan nilai amplifikasi gelombang didalam dua ruangan dari model tembok laut. Amplifikasi gelombang didefinisikan sebagai rasio antara tinggi gelombang di setiap ruang air (H_c) terhadap tinggi gelombang datang (H). Dalam pengujian ini telah dikomfirmasi bahwa nilai amplifikasi antara dua tipe pemisah ruangan air yaitu bentuk L dan Bevel edge mempunyai nilai yang kurang lebih sama. Hal ini dibangkitkan oleh gerakan gelombang mode pemompaan yang terjadi di dalam ruang air. Meskipun pada perencanaan awal, diasumsikan bahwa nilai amplifikasi dari tipe bevel edge akan lebih baik dari tipe L. Dari gambar terlihat bahwa amplifikasi gelombang mencapai puncaknya pada awalnya di ruang air pertama untuk kondisi gelombang yang lebih pendek. Kemudian amplifikasi berpindah ke ruang kedua untuk kondisi gelombang yang lebih panjang. berpindah ke



Gambar 4. Amplifikasi gelombang pada ruang pertama dan kedua dari dua model pemisah yang berbeda



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

4. KESIMPULAN

Model tembok laut tipe ruang ganda efektif digunakan untuk mereduksi tinggi gelombang datang, baik untuk gelombang pendek dan juga untuk gelombang panjang dengan penambahan pelat horizontal pada ujung dinding ruang pertama. Melalui pengujian model tembok laut ini juga dikomfirmasi dapat meningkatkan nilai amplifikasi gelombang dalam ruang hingga 2,5 kali dari gelombang datang. Sehingga energi gelombang yang dihasilkan bisa dimanfaatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Smita, Pandey and Rao, A.D. "Impact Of Approach Angle Of An Impinging Cyclone On Generation Of Storm Surges And Its Interaction With Tides And Wind Waves". *J. Geophys. Res.: Oceans* 124 (11), 7643–7660, 2019.
- [2] Riccardo Briganti, Rosaria Ester Musumeci, Jentsje van der Meer, Alessandro Romano, Laura Maria Stancanelli, Matthias Kudella, Rizki Akbar, Ryard Mukhdiar, Corrado Altomare, Tomohiro Suzuki, Paolo De Girolamo, Giovanni Besio, Nicholas Dodd, Fangfang Zhu and Stefan Schimmels. "Wave overtopping at near-vertical seawalls: Influence of foreshore evolution during storms" *Ocean Engineering Journal*, Volume 261, 112024, 2022.
- [3] R. Gayathri, M.B.M. Khan, H. Behera Et Al. "Wave Attenuation by A Submerged Circular Porous Membrane". *Journal of Ocean Engineering and Science*, 2022.
- [4] Ahmed K.Elsheikh, Yasser E. Mostafa, and Mostafa M. Mohamed. "Comparative Study Between Some Different Types of Permeable Breakwaters According to Wave Energy Dissipation". *Ain Shams Engineering Journal*, Volume 13, 101646, 2022.
- [5] Tanimoto, K. and Yoshimoto, Y. "Theoretical And Experimental Study of Reflection Coefficient For Wave Dissipating Caisson With A Permeable Front Wall". *Report of Port and Harbor Research Institute*, Vol.21, No.3, pp.43-78, 1982.
- [6] Marcel R.A. van Gent. "Influence of oblique wave attack on wave overtopping at caisson breakwaters with sea and swell conditions". *Ocean Engineering Journal*, Volume 164, 103834, 2021.
- [7] Nakamura, T. and Ide, Y. "Analysis On Wave Transformations and Wave Forces About an Angular Body Considering Wave Energy Dissipations", *Proc. of Civil Eng. in the Ocean*, Vol.13, pp.177-182. 1997
- [8] Sollit, C. K. & Cross, R. H. "Wave Transmission Through Permeable Breakwater", *Proc. 13th Coastal Engineering Conference, ASCE*, pp.1827-1846, 1972.

