

Efektifitas Kerja Bangunan Pemecah Gelombang Pelabuhan Soekarno-Hatta Dalam Mereduksi Tinggi Gelombang Datang

Firman Husain^{1,*}

¹*Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia*

*Email: firman.husain@unhas.ac.id

Abstrak

Pembuatan konstruksi bangunan pemecah gelombang bertujuan untuk mendapatkan perairan yang tenang. Pada pelabuhan, perairan yang tenang merupakan hal yang sangat penting agar supaya proses bongkar muat pada pelabuhan dapat berjalan dengan baik. Untuk itu maka tiap pelabuhan yang dibangun sebisa mungkin harus dibuatkan bangunan pemecah gelombang. Ada beberapa tipe bangunan pemecah gelombang yang biasa digunakan untuk melindungi daerah perairan pelabuhan. Pada penelitian ini objek yang analisis ini adalah bangunan pemecah gelombang Pelabuhan Soekarno Hatta yang terletak 1500 m di depan dermaga yang bertipe pemecah gelombang miring. Pada pengolahan data digunakan bantuan perangkat lunak untuk menganalisis fenomena difraksi dan refraksi gelombang yang disebabkan oleh variasi kedalaman air. Hasil yang diperoleh bahwa bangunan pemecah gelombang efektif dalam mengurangi tinggi gelombang datang 2,5 m dari arah barat. Dari analisis grafik menunjukkan, bangunan pemecah gelombang dapat mereduksi gelombang yang masuk hingga 0,5 m. Sehingga bangunan pemecah gelombang ini efektif untuk menjaga kolam pelabuhan tetap tenang dan aktifitas kapal bisa berjalan baik.

Abstract

Effectiveness of Soekarno-Hatta Port Wave Breaker Building Work in Reducing the Height of Incoming Waves. The construction of wave breakers aims to obtain calm waters. At ports, calm waters are very important so that the loading and unloading process at the port can run smoothly. For this reason, every port must be equipped with a breakwater. There are several types of breakwater buildings that are commonly used to protect port areas. In this research, the object of analysis is the Soekarno Hatta Harbor breakwater building which is located 1500 m in front of the pier which is an inclined breakwater type. In data processing, software assistance is used to analyze the phenomena of diffraction and wave refraction caused by variations in water depth. The results obtained show that the wave breaker building is effective in reducing the height of the incoming waves of 2.5 m from the west. Graphic analysis shows that wave breaker buildings can reduce incoming waves by up to 0.5 m. So this wave breaker building is effective in keeping the harbor pool calm and ship activities can run well.

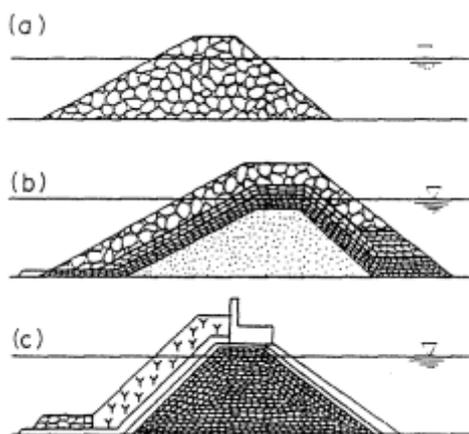
Kata Kunci: Pemecah gelombang; pelabuhan; tinggi gelombang; aktifitas kapal

1. Pendahuluan

Saat ini sudah begitu banyak bangunan pantai yang telah dibangun di seluruh wilayah Indonesia seperti bangunan pemecah gelombang, dinding pantai, groin dan lain-lain [1]. Setiap bangunan pantai yang dibangun memiliki fungsi dan tujuan yang berbeda satu sama lainnya. Bangunan pemecah gelombang merupakan salah satu bangunan pantai yang berfungsi untuk memecah energi dan tinggi gelombang sehingga area pantai dibelakang bangunan bisa terlindungi. Seperti diketahui bahwa Sekitar 50% tingkat kepadatan penduduk dan intensitas pembangunan industri berada di area pantai [2]. Oleh karena itu maka keberadaan bangunan pemecah gelombang sangat diperlukan.

Sedangkan untuk keperluan aktifitas di pelabuhan maka pembuatan bangunan pemecah gelombang bertujuan untuk melindungi daerah pedalaman perairan pelabuhan, sehingga kapal dapat berlabuh dengan tenang dan kegiatan bongkar muat kapal bisa berjalan dengan aman dan lancar [3]. Bangunan pemecah gelombang setidaknya memiliki tiga tipe yang pertama yaitu pemecah gelombang tipe miring yang biasanya dibuat dari tumpukan batu pecah yang disusun sedemikian rupa sehingga terbentuk struktur yang kuat yang bisa menahan terjangan gelombang. Tipe kedua yaitu tipe tegak yang terbuat dari beton. Bentuk dari pemecah gelombang yang terbuat dari beton ini bisa berbentuk segiempat dan ada juga berbentuk lingkaran. Model ini biasanya disesuaikan

dengan kondisi dimana akan diletakkan nantinya. Tipe ketiga dari pemecah gelombang yaitu pemecah gelombang tipe khusus, dimana bangunan pemecah gelombang ini di desain khusus tidak seperti dua tipe yang lain seperti pemecah gelombang terapung, pemecah gelombang rongga udara dan juga yang memakai sistem hidraulik [4].



Gambar 1. Contoh tipe pemecah gelombang (sloping/mound)

Gambar 1 menunjukkan salah satu tipe pemecah gelombang yaitu pemecah gelombang tipe miring. Pemecah gelombang tipe miring menjadi solusi pemilihan tipe bangunan pemecah gelombang. Hal ini karena tipe bangunan ini efektif memecah gelombang dan menghilangkan energinya. Disamping itu batu sebagai bahan dasar pembuatan tipe ini banyak dan mudah ditemukan di daerah lokasi pembangunannya. Meskipun dalam pembangunannya peralatan yang digunakan terbatas, para pekerja yang sudah terbiasa dan ahli dalam pembangunannya bisa melakukan dengan baik [5], [6].

Perlindungan pelabuhan dari terjangan gelombang harus menjadi perhatian utama bagi terlaksananya proses bongkar muat kapal di Pelabuhan. Kondisi perairan di dalam kolam pelabuhan dipersyaratkan harus bisa membuat pergerakan naik turun kapal akibat gelombang maksimum 0,8 m dan gerak maju mundur kapal akibat dorongan gelombang sebesar 1 m serta pergerakan kesamping sebesar 0,6 m [7]. Oleh karena itu maka sistem perlindungan Pelabuhan diupayakan seefektif mungkin bisa melindungi pelabuhan dari serangan gelombang laut baik yang biasa hingga gelombang ekstrim

Efektifitas dari struktur pemecah gelombang yang berada di depan Pelabuhan Soekarno-Hatta dalam melindungi area Pelabuhan dari terjangan gelombang akan diujicoba menggunakan metode simulasi pemodelan dengan bantuan perangkat lunak yang dikembangkan berdasarkan metode gelombang batas [8]. Pada analisa ini fenomena difraksi dan refraksi gelombang yang disebabkan oleh variasi kedalaman air dipertimbangkan [9]. Bangunan pemecah

gelombang yang ada di depan Pelabuhan Soekarno Hatta Makassar ada dua buah, yang pertama dibangun memanjang dari Pulau Gusung dengan Panjang berkisar 1010 m, dilihat dari penempatannya, bangunan pemecah gelombang ini adalah yang utama karena letaknya yang sejajar didepan Pelabuhan Soekarno-Hatta. Bangunan pemecah gelombang yang kedua dibangun dari Pulau Lae-lae menerus kearah laut yang panjangnya berkisar 1013 m. Kedua bangunan pemecah gelombang ini termasuk tipe pemecah gelombang miring, yang dibangun dari batuan.

Parameter efektifitas bangunan pemecah gelombang yang digunakan dalam pengukuran ini adalah rasio tinggi gelombang (wave height ratio). Rasio tinggi gelombang merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengukur efektifitas kerja dari sebuah bangunan pemecah gelombang yang telah dibangun terhadap kemampuannya dalam melindungi area dibelakang dari bangunan pemecah gelombang itu sendiri. Semakin rendah rasio tinggi gelombangnya berarti makin bagus kerja dari bangunan pemecah gelombang tersebut itu bekerja mengurangi tinggi gelombang datang. Metode ini dapat digunakan untuk menguji bangunan pemecah gelombang yang telah terpasang dilokasi dimana sebelumnya belum sempat diujicoba dalam skala laboratorium. Dan untuk melengkapi pengujian ini dibutuhkan beberapa data-data penunjang dari lapangan seperti gambar dari bangunan pemecah gelombang, kedalaman air, arah gelombang dan lain-lain [10].

2. Metode

Subjek dari penelitian ini adalah bangunan pemecah gelombang yang berada di depan pelabuhan Makassar IV. Secara geografis terletak pada koordinat $05^{\circ}07'25''\text{LS}$ dan $119^{\circ}22'20''\text{BT}$ di lokasi telah ada bangunan pelindung pantai baik yang dibangun oleh pengelola pelabuhan maupun yang terbentuk secara natural yaitu berupa pulau-pulau kecil. Oleh karena itu maka tahapan penelitian ini dimulai dengan studi literatur. Studi literatur ini digunakan beberapa referensi sebagai acuan diantaranya buku bacaan perencanaan bangunan pemecah gelombang, jurnal, prosiding, skripsi, thesis, internet dan lain – lain tentang hidrodinamika bangunan pemecah gelombang. Kunjungan kelokasi obyek penelitian dilakukan untuk pengambilan data awal tentang bangunan pemecah gelombang di pelabuhan, data yang diperoleh adalah gambar bangunan dengan dimensinya seperti panjang bangunan, lebar bangunan dan tinggi bangunan. Pada program, input kordinat dari lokasi bangunan pemecah gelombang tersebut yang diperoleh dari google earth akan dimasukkan dan kordinat tersebut diubah kedalam meter. Input lokasi dari pemecah

gelombang tersebut digunakan sebagai batas pada metode persamaan gelombang batas. Untuk menampilkan data kedalam grafik maka perangkat lunak transform digunakan. Sehingga data yang berupa angka-angka akan lebih jelas terlihat ketika telah diubah ke dalam bentuk gambar. Untuk data gelombang diperoleh dari [11] dengan kurun waktu 10 tahun. Data yang diperoleh kemudian diolah dengan program mawar gelombang sehingga dapat diketahui arah gelombang dominan pada area Pelabuhan.

Gelombang laut terbentuk dari hembusan angin dan merambat ke pesisir. Jarak tempuh gelombang berpengaruh terhadap besar kecilnya bentuk gelombang. Interaksi gelombang dengan struktur laut merupakan hal yang menarik untuk diteliti. Gelombang laut dalam situasi nyata adalah pola acak, tidak linier [12]. Namun, untuk menyederhanakan masalah kompleks tentang perjalanan gelombang, dapat diasumsikan bahwa pergerakan gelombang bersifat linier sehingga pergeseran permukaan gelombang dapat dijelaskan dengan rumus berikut [13].

$$\eta = \frac{H}{2} \cos(kx - \omega t) \quad (1)$$

$$\eta_0(x, y, t) = \frac{H}{2} \cos(k_x x + k_y y - \omega t) \quad (2)$$

Kecepatan potensial dari gelombang dengan symbol Φ_0 didefinisikan sebagai berikut,

$$\Phi_0(x, y, t) = \text{Real} \left[-\frac{igH}{2\omega} \frac{\cosh k(h+z)}{\cosh kh} \exp(i(k_x x + k_y y - \omega t)) \right] \quad (3)$$

Rumus ini berlaku jika gelombang mengalir tanpa gangguan. Untuk mendapatkan wave ratio atau perbandingan tinggi gelombang di belakang pemecah gelombang dengan tinggi gelombang masuk. Perlu dicari kecepatan potensial sebaran gelombang di setiap daerah dengan menggunakan metode analisis batas gelombang [14]. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan pengaturan fungsi *vertical line source green's function* yang dikembangkan oleh Isaacson [15].

$$\begin{aligned} \Phi_s(x, y, z, t) = & \\ & -\frac{igH}{2\omega} \frac{\cosh k_n(h_n+z)}{\cosh(k_n h_n)} (\varphi_s)_n(x, y). \exp(-i\omega t) = \\ & -\frac{igH}{2\omega} \frac{\cosh k_n(h_n + z)}{\cosh(k_n h_n)} x \int_{S_n + M_{Fn-1} + M_{Rn}} \\ & f_n(X, Y) G(x, y; X, Y) dC(X, Y). \exp(-i\omega t) \quad (4) \end{aligned}$$

Setelah menentukan batas gelombang pada kedalaman air yang bervariasi, rasio tinggi gelombang (K_D) dan fase (P_H) pada setiap daerah gelombang dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut

$$K_D(x, y) = \frac{|\varphi_0(x, y) + \varphi_s(x, y)|}{|\varphi_0(x, y)|} \quad \text{region 1} \quad (5)$$

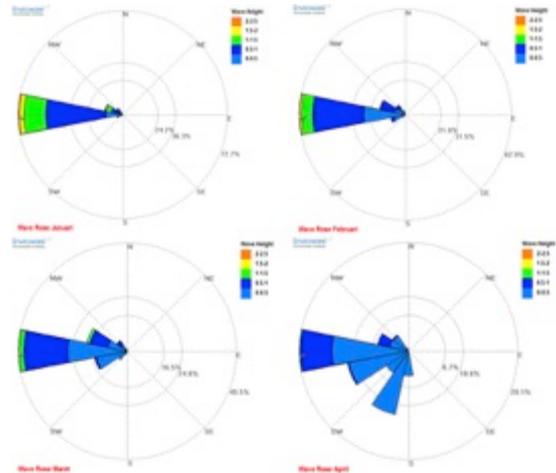
$$K_D(x, y) = \frac{|\varphi_s(x, y)|}{|\varphi_0(x, y)|} \quad \text{other region} \quad (6)$$

$$P_H(x, y) = \text{arg}\{\varphi_0(x, y) + \varphi_s(x, y)\} \quad \text{region 1} \quad (7)$$

$$P_H(x, y) = \text{arg}\{\varphi_s(x, y)\} \quad \text{other region} \quad (8)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Data gelombang yang telah diambil dari [6] dalam kurun waktu 10 tahun dengan interval waktu 6 jam, kemudian data yang diperoleh dikelompokkan menjadi data bulanan sehingga menghasilkan mawar gelombang tiap bulan seperti yang terlihat pada Gambar 2.

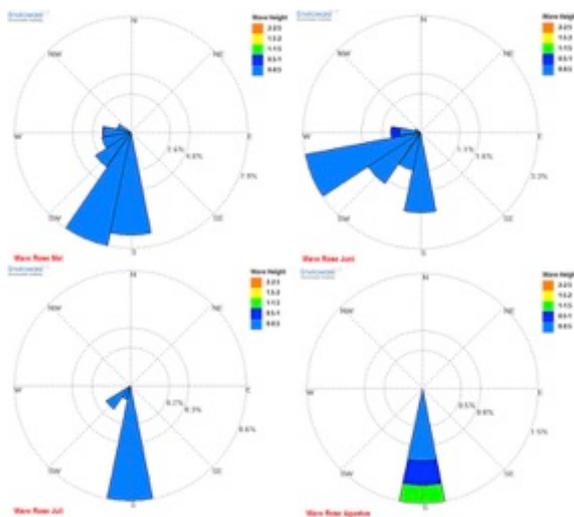


Gambar 2. Mawar gelombang di Pelabuhan Soekarno-Hatta pada Januari-April

Gambar 2 tersebut menunjukkan persentasi kejadian gelombang dengan ketinggian tertentu dari berbagai arah dalam periode waktu 10 tahun. Empat gambar mawar gelombang yang telah di buat yakni mawar gelombang untuk bulan, Januari, Februari, Maret dan April. Dalam gambar tersebut arah datang gelombang tiap lingkaran menunjukkan persentasi kejadian gelombang dominan. Pada penelitian ini digunakan kejadian gelombang yang dominan dan nilai paling besar yaitu pada bulan Januari

dibandingkan dengan ketiga mawar gelombang yang lain.

Pada bulan Januari ketinggian gelombang mencapai hingga 2-2,5 m yang bergerak dari arah barat. Nilai ini yang diambil dan dimasukkan ke dalam pemrosesan data gelombang untuk melihat sejauh mana bangunan pemecah gelombang yang ada di depan Pelabuhan Soekarno-Hatta dapat bekerja dengan baik meredam tinggi gelombang yang datang, sehingga kapal dapat beroperasi untuk menaikkan dan menurunkan muatan tanpa terganggu dengan gelombang.



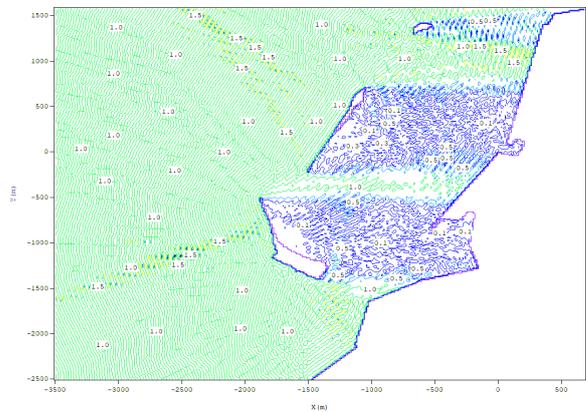
Gambar 3. Mawar gelombang di Pelabuhan Soekarno-Hatta pada September-Desember

Gambar 3 memperlihatkan hasil pengolahan data gelombang pada bulan September hingga bulan Desember. Seperti diketahui bahwa pada bulan-bulan ini kondisi perairan laut cukup bergejolak seiring datangnya musim hujan dan tiupan angin yang kencang. Akan tetapi dari hasil pengolahan data terlihat bahwa ketinggian maksimal gelombang hanya terjadi pada Desember dimana tinggi gelombang mencapai 1 hingga 1,5 m. Sehingga untuk pengolahan data maka digunakan ketinggian gelombang maksimal yaitu 2-2,5 m yang terjadi pada Bulan Januari.

Gambar 4 menunjukkan kondisi perairan sekitar area pelabuhan setelah pemrosesan data. Dari hasil pemrosesan data, disini terlihat ketinggian gelombang di luar bangunan pemecah gelombang dan di dalam area kolam pelabuhan.

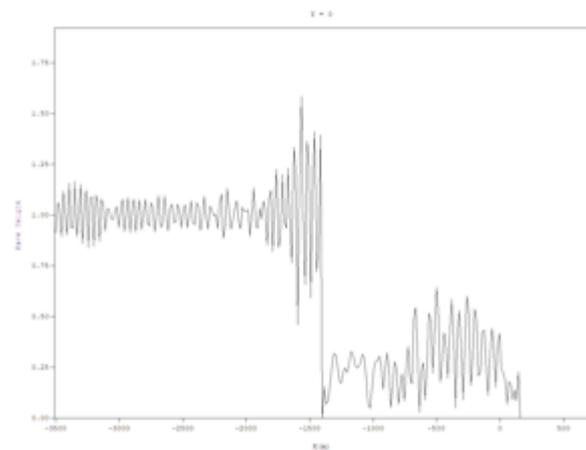
Ketinggian gelombang yang datang dari arah barat mencapai 2-2,5 m dan setelah melewati bangunan pemecah gelombang maka ketinggian gelombang berkurang hingga menjadi 1,0 hingga 0,5 m dan bahkan di beberapa area kolam pelabuhan seperti yang terlihat di gambar bisa turun hingga 0,1 m di area

sekitar Pulau Lae-lae dan di sekitar dermaga perahu nelayan Panyua yang digunakan masyarakat untuk menyeberang ke Pulau Gusung.



Gambar 4. Kontur perairan dengan arah gelombang dari barat

Meskipun dari gambar terlihat bahwa di jalur masuk kapal, ketinggian gelombang masih mencapai 1,0 m. Hal ini bisa terjadi karena di area tersebut bangunan pemecah gelombang tidak ada, sehingga perjalanan gelombang tidak ada yang menghalangi. Akan tetapi secara umum terlihat di area kolam pelabuhan dimana kapal melakukan kegiatan bongkar muat barang, ketinggian gelombang sudah tereduksi hingga 0,5 m sehingga aktivitas bongkar muat bisa berjalan dengan lancar.

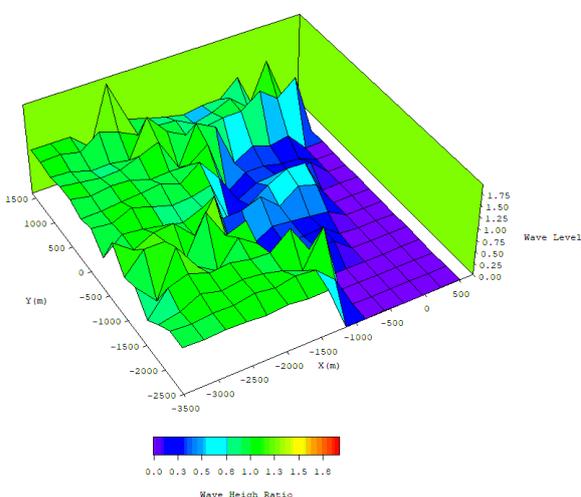


Gambar 5. Grafik tinggi gelombang di area pelabuhan

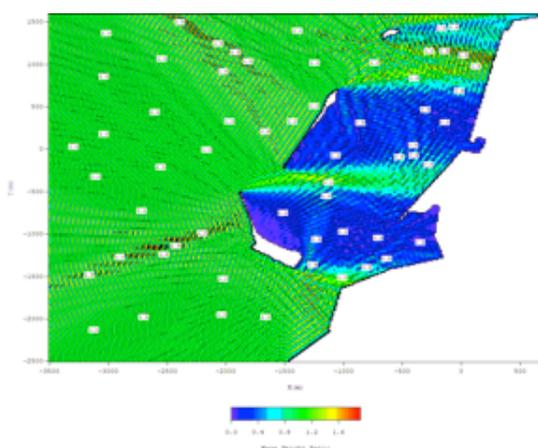
Pada Gambar 5 memperlihatkan grafik tinggi gelombang yang berjalan dari luar area pemecah gelombang dan ketika mendekati pemecah gelombang maka terjadi gelombang pantul dari bangunan pemecah gelombang yang menyebabkan gelombang yang datang dan terpantul saling bertabrakan di depan area bangunan, sehingga menyebabkan ketinggian gelombang di lokasi tersebut meningkat seperti yang terlihat pada grafik.

Peningkatan tinggi gelombang ini terjadi tidak begitu lama dan setelah gelombang melewati bangunan pemecah gelombang maka ketinggian gelombang terlihat turun. Kondisi ini terjadi di dalam area kolam pelabuhan.

Gambar 6 menunjukkan perbandingan permukaan air pada daerah yang dianalisis. Variasi tinggi gelombang dijelaskan dengan gradasi warna. Pada grafik gelombang maksimum yang berada di depan bangunan sekitar 1 m diwakili dengan warna hijau dan pada area Pelabuhan tinggi gelombang 0.5 m yang digambarkan dengan warna biru, sedangkan warna ungu menunjukkan daerah dermaga pelabuhan. Seperti pada penjelasan sebelumnya bangunan tersebut dapat mengurangi tinggi gelombang dan bangunan pemecah gelombang bisa dinyatakan efektif melindungi area pelabuhan.



Gambar 6. Permukaan air pada area pelabuhan



Gambar 7. Rasio tinggi gelombang

Gambar 7 menunjukkan rasio tinggi gelombang. Rasio tinggi gelombang adalah perbandingan antara tinggi gelombang datang dengan tinggi gelombang yang terdissipasi oleh bangunan pemecah gelombang.

Disini terlihat bahwa rasio tinggi gelombang bisa mencapai 0,5 hingga lebih rendah lagi di area yang berwarna biru atau kolam pelabuhan dimana lokasi area kapal beroperasi melakukan bongkar muat seperti yang diperlihatkan pada warna grafik. Ini berarti gelombang datang bisa direduksi ketinggiannya hingga melebihi setengah dari tinggi gelombang datang.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian terhadap Bangunan pemecah gelombang di kawasan Pelabuhan Soekarno Hatta berdasarkan pada analisis data yang dilakukan terhadap pengaruh transformasi gelombang, maka dapat diambil kesimpulan yaitu:

- Arah datang ketinggian gelombang maksimum di pelabuhan Soekarno Hatta didominasi oleh gelombang dari arah Barat. Gelombang dari arah barat terjadi pada bulan Januari, Februari, Maret dan April, dengan ketinggian gelombang maksimum terjadi pada bulan Januari yaitu 2-2,5 meter.
- Bangunan pemecah gelombang yang dibangun untuk melindungi wilayah Pelabuhan Soekarno Hatta bisa dikatakan sudah efektif dalam mereduksi gelombang yang masuk ke Pelabuhan hingga 0,5 dari tinggi gelombang datang. Sehingga kegiatan bongkar muat di pelabuhan tersebut bisa berjalan dengan baik.

Referensi

- [1] A. W. Pratikto, Suyonto, Solikhin, and K. Sambodho, *Struktur Pelindung Pantai*. Surabaya. 2014.
- [2] D. Hinrichsen, *Coastal Waters of the World: Trends, Threats, and Strategies*. Island Press, 1999.
- [3] S. Kramadibrata, *Perencanaan Pelabuhan*. Penertbit ITB, 2002.
- [4] S. Takahashi, *Design of Vertical Breakwaters*. PORT and AIRPORT RESEARCH INSTITUTE, 2002.
- [5] B. Triatmodjo, *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset, 2014.
- [6] Ciria, CETMEF, and CUR, *The Rock Manual: The Use of Rock in Hydraulic Engineering (2nd Edition)*. Construction Industry Research & Information Association (CIRIA), 2007.
- [7] PIANC MarCom Working Group, *Criteria for movement of moored ship - a practical guide*. PIANC, 1995.
- [8] T. Nakamura and T. Ono, "Estimation method of two-dimensional wave diffraction around an array of offshore breakwaters including wave directional characteristics," in *Proceedings of Coastal Engineering*, 1979, pp. 534–538.
- [9] T. Sawaragi, *Coastal Engineering-Waves, Beaches, Wave-Structure Interactions*. Elsevier Science, 1995.
- [10] Y. C. Kim, *Design Of Coastal Structures And Sea Defenses, Series on Coastal and Ocean Engineering Practice -Vol. 2*. World Scientific Publishing Company, 2014.
- [11] "www.ecmwf.int."

- [12] Y. Goda, *Random Seas and Design of Maritime Structure, Advanced Series on Ocean Engineering-Vol. 15*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2000.
- [13] G. R. Dean and A. D. Robert, *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists*. World Scientific Publishing Company, 1991.
- [14] S. D. Kim and H. J. Lee, "Boundary element modelling of wave diffraction by interaction with wave-offshore structure and dredged region," *Polish Marit. Res.*, vol. 17, pp. 67–71, 2010.
- [15] M. de S. Q. Isaacson, "Vertical Cylinders of Arbitrary Section in Waves," *J. Waterw. Port, Coast. Ocean Div.*, vol. 104, no. 3, 1978.