

PELINDUNG TIPE RANGKAIAN PONTON UNTUK MEREDUKSI ENERGI GELOMBANG PADA DERMAGA TERAPUNG

Saifuddin¹, D. A. Suriamiharja², M. A. Thaha³ dan F. Maricar⁴

¹Mahasiswa Program Studi Doktor Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin,
Email: faiz_artha@yahoo.com

²Staf Pengajar Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Hasanuddin, Email: dahmaduh@gmail.com

³ Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin,
Email: atihaha_99@yahoo.com

⁴ Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin,
Email: fkmaricar@yahoo.com

ABSTRAK

Untuk mengatasi permasalahan kebutuhan dermaga pada pantai curam, dimana lazimnya terdapat gelombang yang besar, maka diperlukan suatu konstruksi multi fungsi dermaga sekaligus memiliki kemampuan mengurangi tinggi gelombang sehingga diperoleh kondisi hidrodinamika yang aman untuk proses bongkar muat.

Penelitian mengkaji model rangkaian ponton yang digunakan sebagai dermaga apung sekaligus pelindung pantai. Penelitian direncanakan dengan model fisik 2D dilakukan di Laboratorium Teknik Pantai Universitas Hasanuddin. Parameter pengaruh yang dikaji adalah kerapatan ponton, kedalaman ponton dan panjang ponton.

Diharapkan ditemukan kondisi optimal pada dua (2) variabel sebagai tolak ukur. Kondisi optimal yaitu kapasitas maksimum meredam gelombang dengan goyangan yang sekecil-kecilnya.

Kata kunci : struktur terapung, pelindung tipe rangkaian ponton, stabilitas, kapasitas

1. PENDAHULUAN

Wilayah pantai merupakan daerah yang intensif dimanfaatkan untuk kegiatan manusia seperti kawasan pusat pemerintahan, pemukiman, industri perikanan, pertambangan, pertanian, perikanan, pariwisata dan sebagainya. Pantai juga merupakan bagian dari lingkungan kawasan pesisir yang dinamis dan selalu berubah. Proses perubahan yang terjadi di pantai merupakan akibat kombinasi berbagai gaya yang bekerja di pantai meliputi angin, gelombang (Triatmodjo, 1999; Suriamihardja, 1996).

Sebagai negara maritim dengan garis pantai yang panjang, Indonesia saat ini menghadapi masalah pesisir dan pantai serius dan kompleks. Fakta menunjukkan bahwa banyak penanganan pantai yang keliru, sehingga menimbulkan efek merusak pada lingkungan sekitarnya. Banyak kasus pembangunan di pantai yang tidak ramah lingkungan yang tidak hanya gagal untuk memecahkan masalah, tetapi bahkan hasilnya menimbulkan masalah lain di sekitarnya.

Permasalahan yang sering muncul pada daerah pantai adalah abrasi pantai yang terutama disebabkan oleh aktivitas gelombang laut. Salah satu metode menanggulangi abrasi pantai adalah penggunaan struktur penahan gelombang pada area tertentu. Gempuran gelombang yang besar dapat diredam dengan cara mengurangi energi gelombang datang, sehingga gelombang yang menuju pantai energinya menjadi kecil.

Untuk dapat menanggulangi kerusakan pantai akibat gempuran gelombang di pantai maka diperlukan konstruksi pemecah gelombang yang multifungsi yaitu sebagai dermaga sekaligus untuk memecahkan, merefleksikan dan mentransmisikan energi gelombang sebelum tiba di pantai. Struktur penahan energi gelombang ini dapat terbuat dari struktur yang masif/kaku dan bisa juga dengan yang fleksibel (tanaman hidup, struktur apung dan lainnya).

Struktur Dermaga terapung sudah mulai ramai dibicarakan. Dewasa ini dan dimasa depan, diperkirakan *floating structure* atau struktur bangunan terapung akan menjadi primadona konstruksi pada daerah perairan. Di banyak negara maju, penggunaan struktur terapung sudah sampai pada tahap pengembangan *very large floating structure* atau konstruksi bangunan terapung skala besar misalnya untuk pembangunan bandara internasional terapung (*floating airport*), jembatan apung (*floating bridge*), pemecah gelombang terapung

(*floating breakwater*), bahkan kota terapung (*floating city*) (Thaha, 2010). Keuntungan dari adanya struktur terapung antara lain tidak menambah massa air dimana massa benda tidak mendesak massa air sehingga tidak menimbulkan efek kenaikan muka air laut. Keuntungan berikutnya adalah tidak menimbulkan scouring pada pondasi pilar jembatan. Pilar jembatan konvensional umumnya mengalami masalah scouring atau gerusan yang dapat membahayakan pondasi struktur. Floating breakwater juga memiliki fleksibilitas untuk dikembangkan (*flexibility of future extensions*), mobilitas, dan mudah untuk dipindah-pindahkan (*reallocation ability*) (Murali K., dan Mani, J. S., 1994), sehingga struktur ini mudah digunakan dan dipindahkan di berbagai lokasi. Selain itu *floating breakwater* memiliki efisiensi yang tinggi untuk meredam gelombang, struktur yang simpel, murah, dan ukuran panjangnya yang efisien (Tazaki and Ishida, 1975).

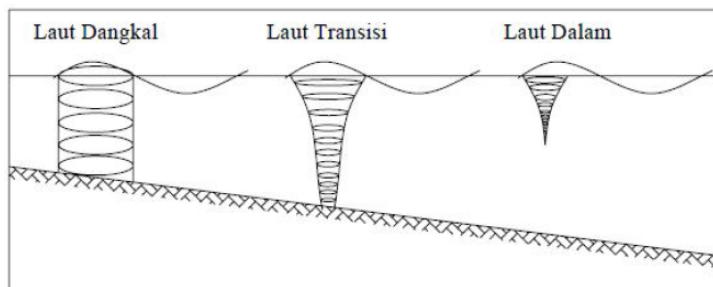
Akan tetapi membuat struktur terapung di laut bukanlah perkara mudah, gaya-gaya yang ada di laut seperti gelombang, arus, dan angin sangat rentan untuk membuat struktur tidak stabil. Struktur yang tidak stabil dapat mengalami pergerakan yang sangat besar sehingga menyebabkan struktur terguling dan tenggelam. Selain itu, gaya yang terjadi secara terus menerus ini, dapat menyebabkan struktur lelah dan akhirnya mengalami kegagalan baik pada struktur utamanya ataupun pada sambungannya. (Dong, G. H., et.al 2008). Oleh karena itu, untuk dapat memperoleh struktur dermaga dan pemecah gelombang terapung yang tepat guna perlu diketahui komponen-komponen pada struktur, batasan-batasan dalam perencanaan, dan kriteria-kriteria yang perlu diperhitungkan dalam perencanaan struktur. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan koefisien stabilitas apung struktur dermaga terapung, koefisien transmisi dan refleksi gelombang pada struktur dermaga terapung pada tipe rangkaian ponton terhadap pengaruh gelombang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gelombang

Gelombang laut dapat ditinjau sebagai deretan dari pulsa-pulsa yang berurutan yang terlihat sebagai perubahan ketinggian permukaan air laut, yaitu dari suatu elevasi maksimum (puncak) ke elevasi minimum (lembah). Gelombang terjadi akibat adanya gaya-gaya alam yang bekerja di laut seperti tekanan atau tegangan dari atmosfer (khususnya melalui angin), gempa bumi, gaya gravitasi bumi dan benda-benda angkasa (bulan dan matahari), gaya coriolis (akibat rotasi bumi), dan tegangan permukaan (Triatmodjo, 1999).

Pada umumnya gelombang terjadi karena hembusan angin di permukaan air laut. Daerah di mana gelombang itu dibentuk disebut daerah pembangkitan gelombang (*wave generating area*). Gelombang yang terjadi di daerah pembangkitan disebut sea, sedangkan gelombang yang terbentuk di luar daerah pembangkitan disebut swell. Ketika gelombang menjalar, partikel air di permukaan bergerak dalam suatu lingkaran besar membentuk puncak gelombang pada puncak lingkarannya dan lembah pada lintasan terendah. Di bawah permukaan, air bergerak dalam lingkaran-lingkaran yang makin kecil. Saat gelombang mendekati pantai, bagian bawah gelombang akan mulai bergesekan dengan dasar laut yang menyebabkan pecahnya gelombang dan terjadi putaran pada dasar laut yang dapat membawa material dari dasar pantai serta menyebabkan perubahan profil pantai (Triatmodjo, 1999).



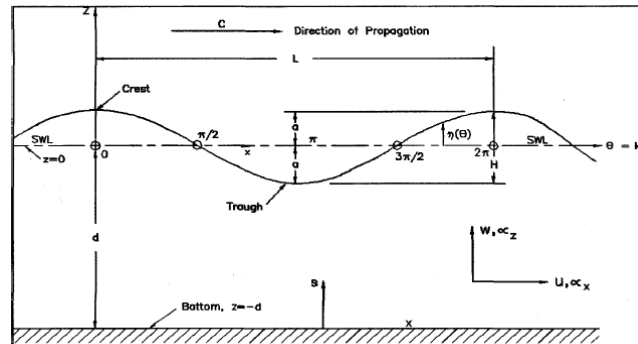
Gambar 1. Gerak partikel air di laut dangkal, transisi dan dalam (Triatmodjo, 1999)

Gelombang akan mentransfer energi melalui partikel air sesuai dengan arah hembusan angin. Lebih lanjut dikemukakan bahwa mekanisme transfer energi ini terdiri dari dua bentuk yakni pertama: akibat variasi tekanan angin pada permukaan air yang diikuti oleh pergerakan gelombang dan kedua: transfer momentum dan energi dari gelombang frekuensi tinggi ke gelombang frekuensi rendah (periode tinggi dan panjang gelombang besar). Gelombang frekuensi tinggi dapat ditimbulkan oleh angin yang berhembus secara kontinyu. Viskositas air laut dapat mempengaruhi efek langsung dari tekanan angin, sehingga kecepatan angin permukaan menghilang makin ke dalam dan pada suatu kedalaman tertentu menjadi nol (Kramadibrata, 1985).

Tiga faktor yang menentukan karakteristik gelombang yang dibangkitkan oleh angin (Davis, 1991) yaitu : (1) lama angin bertiup atau durasi angin, (2) kecepatan angin dan (3) fetch (jarak yang ditempuh oleh angin dari

arah pembangkitan gelombang atau daerah pembangkitan gelombang). Semakin lama angin bertiup, semakin besar jumlah energi yang dapat dihasilkan dalam pembangkitan gelombang. Demikian halnya dengan fetch, gelombang yang bergerak keluar dari daerah pembangkitan gelombang hanya memperoleh sedikit tambahan energi. Akan tetapi ada faktor-faktor lain yang kadang-kadang sangat berpengaruh misalnya lebar fetch, kedalaman air, kekasaran dasar, stabilitas atmosfer dan sebagainya (Yuwono, 1984).

Umumnya dalam mempelajari gelombang dilakukan dengan suatu pendekatan dengan menganggap bahwa suatu gelombang yang tak beraturan merupakan superposisi dari tak berhingga gelombang-gelombang sederhana yang mempunyai pola sinusoidal. Gambar 2. menunjukkan sketsa definisi dari suatu gelombang sinusoidal yang menjalar disuatu kedalaman perairan d di dalam sistem koordinat x dan z . Dasar perairan terletak di $z=-d$ dan profil permukaan gelombang pada $z=\eta$.



Gambar 2. Sketsa definisi gelombang progresif (CHL 2002)

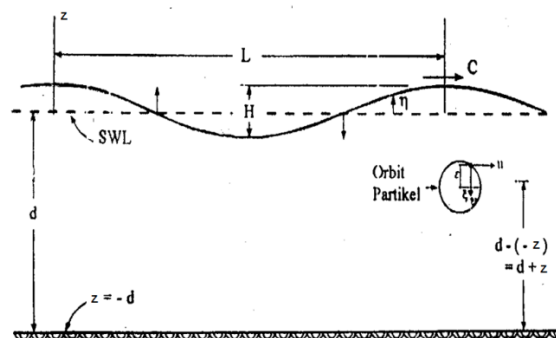
Dimana : x dan z = masing-masing koordinat horisontal dan vertikal; $a = H/2$ = amplitudo gelombang; $\eta = a \cos(kx - \omega t)$ = elevasi muka air; H = tinggi gelombang (jarak antara puncak dan lembah); T = perioda gelombang (perbedaan waktu antara dua puncak/lembah gelombang yang berurutan); L = panjang gelombang (jarak dari dua puncak/lembah gelombang yang berurutan); $C = L/T$ = kecepatan rambat gelombang, dimana; d = kedalaman perairan dihitung dari SWL (still water level) yaitu muka air rata-rata; t = waktu; u dan w = masing-masing menyatakan komponen kecepatan partikel horisontal dan vertikal; ζ dan ϵ = masing-masing menyatakan posisi horisontal dan vertikal sesaat (mengacu ke pusat orbit) dari partikel yang bergerak sepanjang orbitnya; $kL = 2\pi$ = jumlah gelombang; $\omega = 2\pi/T$ = frekuensi sudut gelombang.

Small Amplitude Wave Theory diturunkan dari *Potential Flow Theory*, $\phi(x,y,z)$, dengan menganggap tegangan permukaan dapat diabaikan (*small amplitude*). *Potential Flow Theory* sendiri diturunkan dari hukum hidrolika *Continuity Equation* untuk keadaan kekentalan zat cair dapat diabaikan (Hukum Prandtl untuk $Re > 10^4$) dan aliran tidak berotasi. Kalau cairan juga *incompressible flow* (sebagaimana umumnya cairan) maka *Laplace's Equation* berlaku :

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = \nabla^2 \phi = 0 \quad (1)$$

1. Small amplitude wave theory

Gambar 3 memperlihatkan sketsa definisi gelombang.



Gambar 3. Sketsa definisi gelombang (Triatmodjo, 1999)

Karena yang dihadapi adalah aliran dalam dua dimensi maka persamaan di atas dapat ditulis :

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0 \quad (2)$$

dengan komponen kecepatan horizontal dan vertikal adalah :

$$u = \frac{\partial \varphi}{\partial x} \text{ dan } v = \frac{\partial \varphi}{\partial z} \quad (3)$$

Kondisi batas di dasar laut dari persamaan tersebut adalah kecepatan vertikal nol :

$$v = \frac{\partial \varphi}{\partial z} = 0 \quad \text{di } z = -d \quad (4)$$

Kondisi batas pada permukaan diperoleh dari persamaan Bernoulli untuk aliran tak mantap :

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{1}{2}(u^2 + v^2) + gz + \frac{p}{\rho} = 0 \quad (5)$$

dengan g adalah percepatan gravitasi, p adalah tekanan dan ρ rapat massa zat cair.

Karena tinggi gelombang sangat kecil dibanding panjangnya (*small amplitude wave*), maka persamaan di atas dapat di-linierkan, artinya u^2 dan v^2 dapat diabaikan, dan pada permukaan $z = \eta$, serta mengambil tekanan di permukaan adalah nol (hanya tekanan atmosfer), sehingga persamaan Bernoulli menjadi :

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\partial \varphi}{\partial t} \Big|_{z=\eta} \quad (6)$$

Dengan anggapan bahwa gelombang adalah kecil terhadap kedalaman, maka kondisi batas di $z = 0$ adalah kira-kira sama dengan di $z = \eta$. Dengan anggapan tersebut maka kondisi batas pada permukaan adalah:

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\partial \varphi}{\partial t} \Big|_{z=0} \quad (7)$$

Dengan nilai dari persamaan (7) dan (4), persamaan (2) diselesaikan. Penyelesaian persamaan diferensial tersebut memberikan hasil berikut:

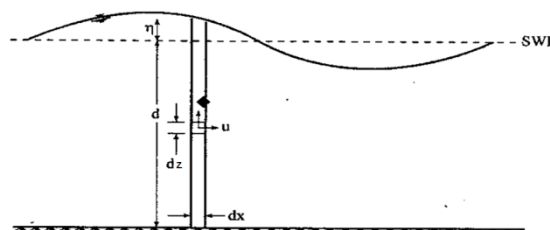
$$\varphi = \frac{ag}{\sigma} \frac{\cosh k(d+z)}{\cosh kd} \sin(kx - \sigma t) \quad (8)$$

dimana φ adalah potensial kecepatan, g adalah percepatan gravitasi, σ adalah frekuensi gelombang = $2\pi/T$, k adalah angka gelombang = $2\pi/L$, d adalah kedalaman laut, z adalah jarak vertikal suatu titik yang ditinjau terhadap muka air diam, x adalah jarak horisontal, t adalah waktu, dan a adalah amplitudo.

Persamaan (8) adalah persamaan dasar *small amplitude wave theory* atau Airy Theory, dari mana sifat-sifat gelombang seperti kecepatan rambat, fluktuasi permukaan dan lain-lain dihitung.

2. Energi gelombang

Selanjutnya untuk menurunkan persamaan energi gelombang, dipandang suatu elemen berukuran dx , dz , dengan pias 1 satuan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Penurunan rumus energi gelombang (Triatmodjo, 1999)

Untuk satu elemen kecil tersebut, besar energi kinetik adalah :

$$dE_k = \frac{1}{2} dmV^2 = \frac{1}{2} \rho dx dz (u^2 + v^2) \quad (9)$$

Energi kinetik total adalah integrasi dari persamaan di atas :

$$E_k = \int_0^L \int_{-d/2}^0 \frac{1}{2} \rho (u^2 + v^2) dz dx \quad (10)$$

Apabila kecepatan partikel yang diperoleh dari persamaan (8) disubstitusikan ke dalam persamaan di atas, akhirnya akan didapat :

$$E_k = \frac{\rho}{2} \int_0^L \int_{-d}^0 \left\{ \left[\frac{\pi H \cosh k(d+z)}{\sinh kd} \cos(kx - \sigma t) \right]^2 + \left[\frac{\pi H \sinh k(d+z)}{\sinh kd} \sin(kx - \sigma t) \right]^2 \right\} dz dx$$

$$E_k = \frac{\rho g H^2 L}{16} \quad (11)$$

Apabila energi potensial dari gelombang dikurangi dengan energi potensial dari massa air diam seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4, akan didapat energi potensial yang disebabkan oleh gerak gelombang. Dengan menggunakan dasar laut sebagai bidang referensi, energi potensial yang ditimbulkan oleh satu panjang gelombang tiap satu satuan lebar puncak gelombang E_p adalah :

$$E_p = \int_0^L \rho g (d + \eta) \left(\frac{d+\eta}{2} \right) dx - \rho g L d \left(\frac{d}{2} \right)$$

Substitusi nilai η yang diperoleh dari menyelesaikan persamaan (8) ke dalam persamaan di atas, akhirnya akan didapat :

$$E_p = \frac{\rho g H^2 L}{16} \quad (12)$$

Jadi energi kinetik dan energi potensial adalah sama, sehingga energi total tiap satu satuan lebar adalah :

$$E = E_k + E_p = \frac{\rho g H^2 L}{8} \quad (13)$$

Energi gelombang adalah berubah dari satu titik ke titik lain sepanjang satu panjang gelombang, dan energi merata per satu satuan luas adalah :

$$\bar{E} = \frac{E}{L} = \frac{\rho g H^2}{8} \quad (14)$$

2.2. Prinsip Pemecah Gelombang Dermaga Apung

Pemecah gelombang dermaga apung meredam gelombang dengan prinsip interferensi yaitu dengan membuat gelombang yang berbeda fasa bertemu dengan gelombang datang sehingga saling meniadakan dan atau menggunakan gesekan atau turbulensi untuk menghilangkan energi gelombang datang (Van Tol, 2008). Berdasarkan prinsip-prinsip tersebut, tipe pemecah gelombang dermaga terapung dibagi menjadi (Van Tol, 2008) :

1. Reflecting

Dinding vertikal didukung dengan rangka A terapung. Refleksi energy tergantung draft dinding vertikal dan pergerakan lateral pemecah gelombang dermaga terapung. *Sway* dibuat menjadi *roll* untuk mengurangi gaya tali.

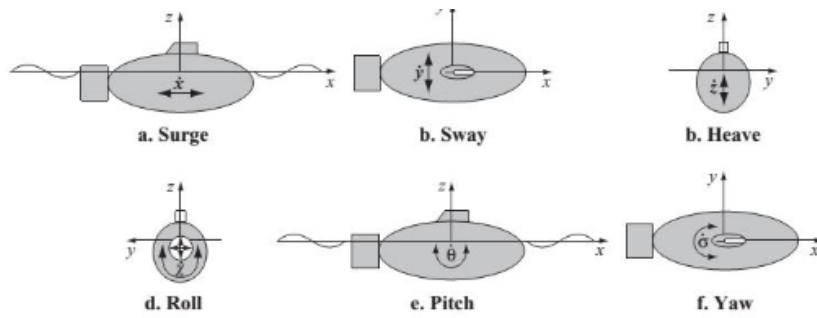
2. Displacement

Struktur menyerap energi gelombang dan ditransmisikan kembali dengan fasa yang diubah. Struktur lebih stabil bisa dicapai pada tipe ini.

3. Dissipative

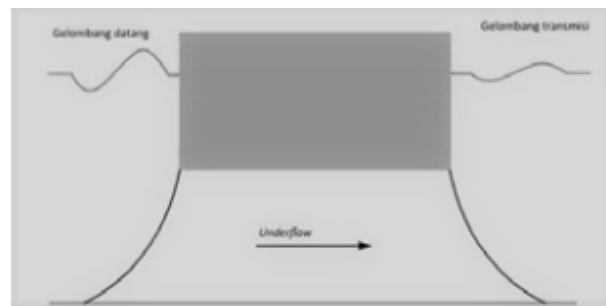
Energi gelombang didisipasi ke dalam turbulensi.

Pada struktur tipe *displacement*, pemecah gelombang dermaga terapung akan mengalami pergerakan akibat gelombang datang. Struktur yang terapung bebas memiliki 6 derajat kebebasan yang diperlihatkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Derajat kebebasan struktur terapung (McCormick, 2010)

Pergerakan struktur akan menghasilkan gelombang. Selain itu, terdapat juga energi yang mengalir dari bawah struktur (*underflow*). Maka gelombang yang ditransmisikan adalah penjumlahan dari gelombang yang dibangkitkan oleh pergerakan struktur dan gelombang akibat *underflow*. Ilustrasi dari prinsip kerja pemecah gelombang terapung ditunjukkan pada Gambar 6. Selain itu, sistem mooring yang semakin kaku dapat meredam gelombang dengan lebih baik (Gaythwaite, 1990). Bila digunakan sebagai pemecah gelombang maka perlu dipahami bagaimana cara perencanaan struktur tersebut agar dapat berfungsi untuk mengurangi energy gelombang. Dan bagi kedua struktur tersebut sangat penting untuk tetap bertahan pada posisinya (tidak berpindah tempat) dalam menerima beban yang ada.



Gambar 6. Prinsip pemecah gelombang benda terapung

Dalam kesetimbangan benda terapung maka kita akan mengacu pada Prinsip Hukum Archimedes :
“Benda yang terapung atau terendam dalam zat cair akan mengalami gaya apung sebesar berat zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut”.

Sebuah benda dikatakan stabil apabila benda tersebut kembali keposisi kesetimbangannya semula apabila benda tersebut diusik (meskipun sedikit). Untuk benda terapung, masalah kestabilan lebih rumit karena jika benda berotasi lokasi pusat apungnya bisa berubah. Jika hanya sebagian benda yang tercelup kedalam zat cair. Dalam hal ini berat benda lebih kecil daripada gaya keatas dari zat cair. Atau dengan kata lain supaya benda mengapung maka massa jenis benda harus lebih kecil daripada massa jenis zat cair. Suatu benda terapung dalam keseimbangan stabil apabila pusat beratnya berada dibawah pusat berat apungnya. Namun, benda terapung dalam kondisi tertentu dapat pula dalam keseimbangan stabil meski pusat beratnya berada diatas pusat apung.

2.3. Pemodelan Fisik (*Physical Modelling*)

Teori Model atau Kekerupaan adalah alat utama untuk menjamin bahwa apa pun yang terjadi pada model akan terjadi dalam keadaan yang sebanding pada prototipe. Dalam pemodelan bangunan-bangunan pantai dituntut pemenuhan *Dynamic Similarity* yaitu keserupaan yang tertinggi, artinya baik ukuran panjang maupun ukuran gerak dan kinematik semuanya sebanding dalam model dan protoipe, walaupun harus diingat bahwa keserupaan yang sempurna tidak mungkin dicapai kecuali besarnya model sama dengan prototipe.

Untuk memenuhi *Dynamic Similarity* disyaratkan bahwa di dalam model, sebagaimana pada prototype, tetap terjadi aliran air yang kendalikan oleh gaya-gaya gravitasi dan kekentalan. Untuk itu *Reynold Number* harus tinggi. Para peneliti di dunia, misalnya Watanabe (2004), pada umumnya memakai syarat $Re > 10^4$. Bila persyaratan gravity flow sudah terpenuhi, maka hukum keserupaan dinamis dapat menggunakan *Froude Number* sebagai pedoman dimana *Froude Number* pada model harus selalu sama dengan pada prototype pada setiap karakteristik yang akan diteliti.

Sebagai contoh penggunaan *Froude Number* dalam menentukan ukuran-ukuran model, diberikan contoh berikut.

$$F = \frac{V}{\sqrt{Lg}} \tag{15}$$

Agar serupa model dan prototype, maka :

$$F_m = F_p$$

$$\frac{V_m}{\sqrt{L_m g}} = \frac{V_p}{\sqrt{L_p g}}$$

$$\frac{V_p^2}{V_m^2} = \frac{L_p}{L_m}$$

Ambillah skala kecepatan $V_r = V_p / V_m$ dan skala panjang $L_r = L_p/L_m$, maka berlaku hubungan $V_r^2 = L_r$ atau $V_r = L_r^{1/2}$. Misalnya diambil faktor skala $\lambda = 10$ sebagai skala panjang L_r , maka diperoleh :

Skala panjang, $L_r = \frac{L_p}{L_m} = \lambda = 10$

Skala kecepatan, $V_r = \frac{V_p}{V_m} = \sqrt{\frac{L_p}{L_m}} = \sqrt{\lambda} = \sqrt{10}$

Skala waktu, $T_r = \frac{L_r}{V_r} = \frac{\lambda}{\sqrt{\lambda}} = \sqrt{\lambda} = \sqrt{10}$

Skala gaya, $F_r = \frac{\gamma_p L_p^3}{\gamma_m L_m^3} = \lambda^3 = 1000$

Skala percepatan, $A_r = \frac{g_p}{g_m} = 1$

Dan seterusnya sesuai besaran yang dibutuhkan.

2.4. Analisa Dimensi

Tahap berikutnya adalah Analisa Dimensi. Proses ini bertujuan menyederhanakan jumlah variabel dan hubungan yang harus diteliti. Ada beberapa metode yang dapat dipakai dalam hal ini, yang paling populer adalah **Buckingham's II Theorem** yang mengatakan: "jika diketahui bahwa suatu proses fisik ditentukan oleh suatu relasi yang *dimensionally homognous* yang melibatkan n parameter berdimensi, seperti $X_1=f(X_2, X_3, \dots, X_n)$ dimana X adalah variabel berdimensi, maka terdapat relasi yang ekuivalen yang meliputi jumlah yang lebih sedikit, $(n-k)$, parameter tak berdimensi seperti $\Pi_1 = f(\Pi_2, \Pi_2, \dots, \Pi_{n-k})$ dimana Π adalah grup tak berdimensi yang dibentuk dari X. Reduksi k umumnya sama dengan, tetapi tidak pernah lebih dari, jumlah dimensi fundamental yang terlibat dalam X".

Dengan Analisa Dimensi diperoleh keuntungan-keuntungan :

- a. Mengurangi secara nyata jumlah percobaan yang harus dilakukan.
- b. Efek dari suatu variabel dapat ditentukan dengan variasi variabel yang lain dalam satu percobaan.
- c. Wilayah berlakunya suatu variabel dapat diperluas melampaui wilayah percobaan. Dalam keadaan ekstrim wilayah berlaku ini dapat diperoleh dengan hanya mengukur satu nilai dari masing-masing variabel.
- d. Dapat menunjukkan bahwa kadang-kadang suatu besaran tidak punya pengaruh atas fenomena yang sedang diselidikisehingga dapat dikeluarkan sebagai variabel percobaan.
- e. Kealpaan suatu variabel independent dalam perencanaan suatu percobaan dapat diketahui.
- f. Memungkinkan penggunaan "Skala Model" yang sangat berguna untuk memperkecil atau memperbesar ukuran dari sistem yang sebenarnya.

Variabel-variabel yang akan terlibat dalam analisa dimensi pertama-tama diambil dari rumus-rumus yang telah diturunkan secara teoritis seperti rumus-rumus energi di atas, ditambah dengan variabel-variabel di lapangan yang menurut peneliti-peneliti terdahulu berpengaruh. Variabel-variabel itu adalah :

$$H_t = f(H_i, H_r, L, h, B, p) \tag{16}$$

Terlihat ada enam variabel dengan satu dimensi yang terlibat, tetapi p (porosity) tidak berdimensi sehingga harus berdiri sendiri, berarti akan ada empat variabel tak berdimensi Π , yaitu $\Pi_1 = H_i/H_i$, $\Pi_2 = H_r/H_i$, $\Pi_3=B/L$, $\Pi_4 = h/L$, dan p .

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian akan dilakukan di salah satu laboratorium Keairan (Laboratorium Hidrolika atau Pemodelan Teknik Pantai) pada Universitas Hasanuddin dengan membuat konstruksi model sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Jangka waktu penelitian akan dilakukan selama 8 (delapan) bulan yang dimulai dari bulan Juli 2018 hingga April 2019.

3.2. Persiapan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan pemodelan fisik di laboratorium untuk mewakili karakteristik prototipe dermaga terapung (*floating jetty*) yang sebenarnya. Beberapa hal yang harus dilakukan dalam perancangan model fisik dermaga terapung (*floating jetty*) sebelum pembuatan model tersebut :

1. Penyekalaan (skala panjang) antara *prototipe* dan model fisik dengan berpedoman pada keserupaan geometrik, keserupaan dinamik, dan keserupaan kinematik.
2. Perhitungan skala berat model fisik dari prototype.

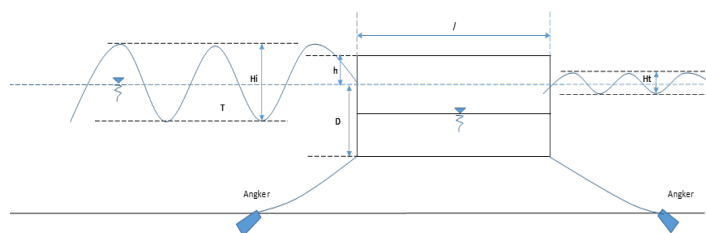
Model harus memiliki keserupaan geometrik dengan *prototipe*, maka penyekalaan *prototipe* harus sebaik mungkin dilakukan agar model benar-benar memiliki rasio semua dimensi linier yang sama. Dimensi linier yang dimaksud adalah panjang, lebar, tinggi, dan kedalaman air.

3.3. Pembuatan Model

Pembuatan model dilakukan dengan berdasarkan pertimbangan dari hasil penyekalaan panjang dan berat, baik mulai dari pemilihan bahan maupun bentuk yang akan dibuat untuk model fisik *floating jetty*. Pada percobaan ini, model dibuat dari bahan yang sama dengan *prototype*-nya.

3.4. Pengujian Model

Model disusun di *wave flume* sesuai dengan rencana maka pengujian (running) dapat segera dilakukan sesuai desain pengujian yang telah dibuat, yakni dengan memasukkan data tinggi gelombang dan periode gelombang di komputer kendali. Gelombang yang dibangkitkan merupakan gelombang reguler. Salah satu desain pengujian model fisik *floating jetty* yang diperlihatkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



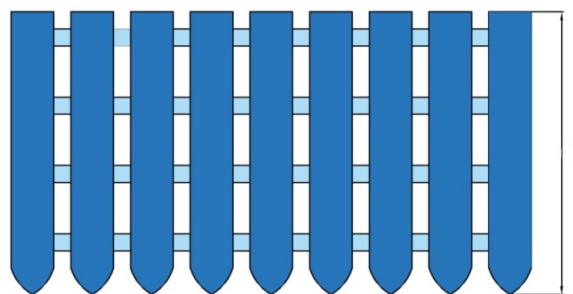
Gambar 7. Desain pengujian model fisik *floating jetty*

Hipotesa awal dari penelitian ini adalah :

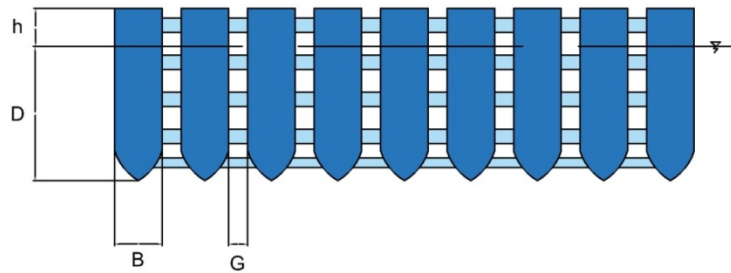
$$\text{Stabilitas (S)} = f(H_i, H_t, T, g, D, h, B, G)$$

Koefisien transmisi dan refleksi:

$$K_t \text{ dan } K_r = f(H_i, H_t, T, g, D, h, A, B, G)$$



Sketsa Tampak Atas Dermaga Terapung Tipe Ponton



Sketsa Tampak Samping Dermaga Terapung Tipe Ponton

Gambar 8. Sketsa dermaga terapung tipe ponton

3.5. Fasilitas Laboratorium

Fasilitas utama dari laboratorium yang akan dipergunakan adalah wave flume dengan panjang 15 m, lebar 0,30 m dan kedalaman efektif saluran 46 cm lengkap dengan asesorisnya. Ukuran laboratorium harus cukup untuk memodel gelombang yang terjadi pada dermaga terapung tipe ponton yang akan dibuat.



Gambar 9. Wave Flume Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, UNHAS

4. HASIL YANG DIHARAPKAN

Dengan penelitian ini diharapkan dapat memberikan temuan baru di bidang teknologi dermaga terapung (*floating Jetty*) yang juga berfungsi sebagai struktur bangunan pemecah gelombang, khususnya stabilitas dan kapasitas dermaga terapung, tipe rangkaian ponton.

DAFTAR PUSTAKA

- Davis, R.A. Jr. 1991. *Oceanography; An Introduction to the Marine Environment*, New Jersey: WCB Publisher International Published.
- Dong, G.H., et al. 2008. “*Experiment on Wave Transmission Coefficient of Floating Breakwater*”, Dalian University of Technology, Ocean Engineering Vol. 35, Elsevier, China.
- Gaythwaite, J. W. (1990). *Design of Marine Facilities*, for the Berthing, Mooring, and Repair-of Vessels. New York: VAN NOSTRAND REINHOLD.
- Kramadibrata, S. 1985. *Perencanaan Pelabuhan*. Bandung: Ganeca Exact Bandung, Anggota IKAPI. Makassar : Pusat Studi Lingkungan Universitas Hasanuddin.
- McCormick, M. E. (2010). *Ocean Engineering Mechanics With Applications*. New York : Cambridge University Press .
- Meer, J. W. 1988. *Rock Slopes and Gravel Beaches under Wave Attack*. Delft: Delft Hydraulics.
- Murali, K., & Mani, J.S., Performance Of Cage Floating Breakwater, ASCE PIANC. 1994. “*Floatings Breakwater A Practical Guide for Design and Construction*”, Report of Working Group No.13 of The Permanent Technical Comitte II, Brussel,Belgium. New York.
- Suriamihardja, D. 1996. *Morfogenetika Pantai dan Geomorfologi Pantai*.
- Tazaki, et al. 1975, “*Floating Breakwater*”, United States Patent, Tokyo Japan.

- Thaha A., 2010, *The Performance of Floating and Semi Floating Bamboo Structures As A Simple Coastal Protection*, Proceedings of The 1st Makassar International Conference on Civil Engineering, Civil Eng. Departement Hasanuddin University, Makassar.
- Triatmodjo, Bambang. 1999, Teknik Pantai, Beta Offset, Yogyakarta.
- Van Tol, P. (2008). Floating breakwaters A Theoretical Study and Preliminary Design of a Dynamic Wave Attenuating System (Master Thesis). Delft.
- Watanabe, E., Wang, C., Utsunomiya, T., & Moan, T. (2004). Very Large Floating Structures : Applications, Analysis And Design. Singapore : Centre for Offshore Research and Engineering National University
- Yuwono, N. 1984. Teknik Pantai, volume 1. Yogyakarta: Biro Penerbit, Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.