Perancangan Kontruksi dan *Wave Breaker* Pada Tangki Uji Multifungsi Arus-Gelombang

Mohammad Ishom Rifdath M[1], Muh Anis Mustaghfirin [2], George Endri Kusuma [3]

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia[1]*
Email: mohammadishom@student.ppns.ac.id[1], mustaghfirin@ppns.ac.id[2], kusuma.george@ppns.ac.id[3]

Abstract - *There has been a lot of researches on Oscillating Water Column, but the studies of their potential or feasibility installed on the beach are limited. However, research that examines the standard size of the prototype tank to produce a combination of 2 laboratory-scale current and wave simulation tools has not been found. Based on these conditions, this final project was carried out to obtain the design of the tank and wave breaker in the test tank. The initial stage begins with calculating the hydrostatic pressure, the weight of the tank in the fluid and sloshing. The result of the stage is the test tank has dimensions of 6x2x1.5 m using 20mm thick acrylic material. The foundation stiffener uses H beam material with a dimension of 300x300mm. The hollow profile used for the longitudinal stiffener has a dimension of 132x132mm. E6013 type welding wire with a tensile stress of 206 kN is used for welding in the fabrication. Based on wave breaker calculation at deep water, the mass is 18.424kg, and at intermediate water, the mass is 3.625.*

Keyword*: Construction, Test Tank, Oscillating Water Column, Wavemaker, Wave breaker*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan pembangunan yang terus berkembang setiap tahunnya, kebutuhan akan energi listrik dan bahan bakar menjadi semakin penting. Hingga saat ini, Indonesia sebagian besar masih bergantung pada energi tak terbarukan seperti minyak bumi, batubara, dan gas alam. Namun, sumber energi ini mungkin tidak akan mampu memenuhi kebutuhan manusia dalam jangka panjang karena cadangannya yang semakin menipis dan waktu produksi yang sangat lama. Oleh karena itu, diperlukan kajian mendalam mengenai penggunaan energi alternatif yang terbarukan untuk menghadapi tantangan ini. [1].

Indonesia, sebagai negara maritim dengan wilayah perairan, terutama laut, yang luasnya sekitar tiga kali lebih besar dari daratannya, memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai media pembangkit listrik. Potensi ini dapat dimanfaatkan melalui arus laut, ombak, dan perbedaan suhu air laut. Energi dari gelombang laut ini kemudian dapat diubah menjadi listrik dengan membangun pembangkit listrik tenaga gelombang laut, yang dikenal sebagai *oscillating water column*. Oscillating water column (OWC) adalah alat yang digunakan untuk mengonversi energi gelombang laut menjadi energi listrik. Mekanisme kerja OWC melibatkan pergerakan naik turun gelombang laut yang mendorong udara di dalam kolom OWC, sehingga memutar turbin yang terhubung dengan generator dan menghasilkan aliran listrik. Untuk mencapai daya yang optimal pada pembangkit listrik tenaga gelombang laut tipe OWC, beberapa faktor yang mempengaruhinya meliputi tinggi gelombang, periode gelombang, dan dimensi kolom OWC. [2].

Peredam gelombang (*wave breaker*) merupakan salah satu bagian dari alat *Oscillating water column* yang cukup penting. Alat ini berfungsi sebagai penghancur gelombang dan mereduksi energi gelombang. Apabila sebuah pembangkit gelombang tidak mempunyai peredam gelombang atau peredam gelombang tidak berfungsi dengan baik, maka gelombang yang dibangkitkan akan tercampur dengan gelombang refleksi yang mengakibatkan gelombang yang dibangkitkan akan sulit untuk diukur. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan desain peredam gelombang yang efektif dalam meredam gelombang, sehingga gelombang yang dipantulkan dapat diminimalkan.

Pada tugas akhir ini, penulis akan melakukan eksperimen dengan tujuan untuk mendapatkan perhitungan konstruksi, *wave breaker* dan instalasi peralatan penunjang pada *Oscillation Water Column.* Dari hal tersebut maka diharapkan didapatkan hasil perancangan yang optimal untuk kontruksi pada *Oscillation Water Column* dan perhitungan perancangan *wave maker* yang sesuai dengan 3 kategori kedalaman.

2. METODOLOGI

2.1 Sumber Data

Pada bagian ini, dijelaskan mengenai data yang diperoleh dari eksperiman atau pengukuran tekanan hidrostatik air dan perhitungan *sloshing*. Pengukuran dan perhitungan tekanan hidrostatik ini menggunakan aplikasi EES yang bertujuan untuk memudahkan dalam mendapatkan perhitungan tersebut.

2.2 Perhitungan dan Perancangan Kontruksi Tangki Uji Multifungsi

Pada Perhitungan perancangan dilakukan dengan menggunakan rumus ataupun persamaan yang sesuai pada kontruksi tangki uji arus-gelombang multifungsi dan *wave breaker.*

2.3 Tekanan Hidrostatik

Pada bagian ini menyajikan perhitungan tekanan hidrostatik menggunakan rumus tekanan hidrostatik *P=pgh*, di mana *p*=densitas (*water*, T = T Air, P= P Air), dengan termperatur dan tekanan air pada temperatur lingkungan dan tekanan 1 atmosfer.

2.4 *morison equation*

Perhitungan aksi pada objek silinder (member) yang disebabkan oleh gelombang, arus, atau kombinasi gelombang dan arus bergantung pada rasio panjang gelombang terhadap diameter member. Ketika rasio ini besar (> 5), member tidak secara signifikan memodifikasi gelombang yang datang. Aksi ini kemudian dapat dihitung sebagai jumlah dari aksi hambatan hidrodinamika dan aksi inersia hidrodinamika, seperti yang diberikan dalam Persamaan :

$$F = fd + fi = CdxA\left(\frac{1}{2}\right)xpwxUx|u|xA + CmxPwxVx\left(\frac{\delta U}{\delta t}\right)$$

2.5 Adaptasi Diameter Hidrolik

Diketahui pada bagian ini akan mengitung adaptasi diameter pada tanki untuk mengubah bentuk yang di uji dari yang awal berbentuk tabung diubah menjadi tanki berbentuk *rectangular*. Dan yang akan dihitung pada bagian ini adalah diameter hidrolik dengan rumus berikut :

$$dH = \frac{4 \times p \times l}{2 \times (p + l)}$$

dengan dH adalah diameter hidrolik, p adalah panjang tanki *rectangular* , l adalah lebah tanki *rectangular* . Diketahui :

p = 6 m

l = 2 m

2.6 API 650

Menurut API 650, ketebalan shell yang diperlukan harus lebih besar dari ketebalan desain shell (termasuk toleransi korosi) atau ketebalan shell untuk pengujian hidrostatik. Namun, ketebalan shell tidak boleh kurang dari yang tercantum dalam tabel 2.1.

API 650 juga menyatakan bahwa perhitungan menggunakan metode one foot method diterapkan untuk tangki dengan diameter nominal kurang dari atau sama dengan 61 m (200 ft). Berdasarkan perhitungan ketebalan menggunakan one foot method sesuai dengan API 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage 5.6.3.2, ketebalan minimum yang diperlukan untuk plat shell harus lebih besar dari hasil perhitungan menggunakan rumus berikut :

$$t_{design} = \frac{4.9 \times dH \times (h - 0.3) \times g}{T_{ijin\ Convert}} + CA$$

dimana t_{design} adalah ketebalan desain tanki, dH adalah diameter hidrolik, h adalah ketinggian air, g adalah percepatan gravitasi bumi,CA adalah *Corrosion Allowance* dan $T_{ijinconvert}$ adalah tegangan yang diizinkan untuk kondisi desain.

2.7 Perhitungan *Stiffener*

Pada bagian ini dimulai dengan menghitung beban fluida dalam tangki, dimana :

$$Beban\ fluida\ dalam\ tangki = \frac{berat\ fluida\ dalam\ tangki}{Luas\ permukaan\ bawah}$$

Setelah melakukan perhitungan beban fluida dalam tangki lalu diubah menjadi beban terdistribusi, dimana:

$$\frac{p\ hidrostatik}{luas\ permukaan\ atas\ beam} = 6509\ {}^{N}/_{m^2}$$

$$Berat\ fluida\ akibat\ sloshing = \frac{F\ sloshing}{luas\ permukaan\ dinding} \times 9.8067$$

$$= 1128\ {}^{N}/_{m^2}$$

Kemudian menghitung jarak antar *stiffener* dimana jarak tersebut harus divalidasi dengan defleksi pondasi terlebih dahulu, apabila hasil perhitungan defleksi melebihi batas defleksi yang diijinkan maka harus menambah *stiffener* atau memilih momen inersia dari material yang lebih tinggi.

2.8 Perhitungan Frame Pondasi

Dalam perencanaan struktur baja, beberapa sifat mekanik dari material baja yang sama digunakan, yaitu: Modulus Elastisitas, E = 200.000 MPa / 200.000.000.000 Pa.

Momen Inersia pondasi =20400/100000000 m^4

Jarak bentangan = 2 m

Kemudian menghitung defleksi frame pondasi, menggunakan rumus dasar untuk defleksi pelat :

$$\delta = \frac{qa^4}{E.I}$$

dimana :

δ = defleksi

q = beban distribuasi uniform (N/m^2)

a = jarak antar *stiffener* (m)

E = modus Elastisitas (Pa)

I = momen inersia (Pa)

Setelah menghitung momen inersia untuk *stiffener* dan substitusi nilai lainnya, kita dapat menyelesaikan persamaan untuk mendapat jarak optimal *stiffener*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan perhitungan sesuai dengan API 650 dan perhitungan *stiffener* maka dihasilkan analisis nilai *EER* sebagai berikut.

3.1 API 650

Berdasarkan API 650, ketebalan shell yang diperlukan harus melebihi ketebalan desain shell (yang sudah mencakup toleransi korosi) atau ketebalan shell untuk pengujian hidrostatik. Namun, ketebalan shell tidak boleh kurang dari yang tercantum dalam Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Ketebalan Plat *Shell*

Nominal Diameter Tanki (m)	Nominal Ketebalan Plat (mm)
D < 15	5
15 ≤ D < 36	6
36 ≤ D ≤ 60	8
D > 60	10

Dari hasil perhitungan melalui aplikasi ESS , didapatkan nilai desain ketebalan material acrylic dengan yield 124 bar adalah 18.64 mm.

3.2 *Frame* Pondasi

Setelah menghitung momen inersia untuk *stiffener* dan substitusi nilai lainnya, kita dapat menyelesaikan persamaan untuk mendapat jarak optimal *stiffener*.

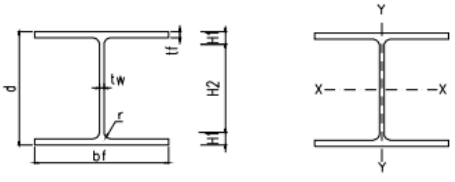
$$\delta\ Pondasi = \frac{p\ hidrostatik \times jarak\ bentangan^4}{E \times momen\ inersia\ material}$$

$$= 0.002553$$

Defleksi pada bangunan , untuk balok dan pelat di berikan izin defleksi maksimum sekitar $\frac{L}{240}$ hingga $\frac{L}{360}$, dimana L merupakan panjang bentang. Dan defleksi untuk lantai yang digunakan untuk mencegah getaran sering di atur menjadi $\frac{L}{360}$ atau lebih kecil.

$$\delta\ Pondasi\ yang\ diijinkan = \frac{panjang\ bentangan\ frame}{240}$$

Didapatkan hasil = 0.008333



Gambar 4.1 Profil H beam

3.3 *Frame* Memanjang

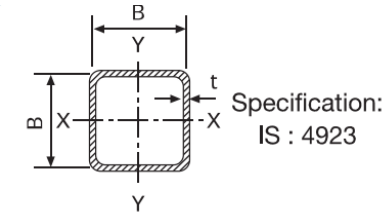
Setelah menghitung momen inersia untuk *stiffener* dan substitusi nilai lainnya, kita dapat menyelesaikan persamaan untuk mendapat jarak optimal *stiffener*.

$$\delta\ memanjang = \frac{p\ hidrostatik \times jarak\ bentangan^4}{E \times momen\ inersia\ material}$$

$$= 0.003578$$

Defleksi pada bangunan , untuk balok dan pelat di berikan izin defleksi maksimum sekitar $\frac{L}{240}$ hingga $\frac{L}{360}$, dimana L merupakan panjang bentang. Dan defleksi untuk lantai yang digunakan untuk mencegah getaran sering di atur menjadi $\frac{L}{360}$ atau lebih kecil.

$$Defleksi\ frame\ memanjang\ yang\ diijinkan = \frac{panjang\ bentangan\ frame}{240}$$



Didapatkan hasil = 0.006458

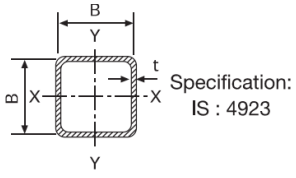
Gambar 4.2 Profil *Hollow*

3.3 *Stiffener* Penegak

Defleksi pada bangunan , untuk balok dan pelat di berikan izin defleksi maksimum sekitar $\frac{L}{240}$ hingga $\frac{L}{360}$, dimana L merupakan panjang bentang. Dan defleksi untuk lantai yang digunakan untuk mencegah getaran sering di atur menjadi $\frac{L}{360}$ atau lebih kecil.

$$\delta\ penegak\ yang\ diijinkan = \frac{panjang\ bentangan\ frame}{240}$$

Didapatkan hasil = 0.00625



Gambar 4. 3 Profil *Hollow*

Dari kedua perhitungan *stiffener* didapatkan material baja H beam untuk *stiffener* pondasi dengan dimensi 300x300mm dengan ketebalan 10x15mm,

kemudian untuk *stiffener* memanjang dan penegak didapatkan material *Square Hollow* dengan dimensi 132x132mm dengan ketebalan 5,40mm.

3.4 Kekuatan Sambungan Las *Butt Join*

Pada bagian ini dilakukan perhitungan kekuatan sambungan Las *But Joint* dengan menggunakan rumus besaran tegangan tarik material sebagai berikut

$$Tegangan\ tarik\ material = E \times 60 \times 1 \times 3$$

Dimana :

E = elektroda

60 = kekuatan Tarik material elektroda dalam ksi

1 = posisi pengelasan

3 = jenis flux pembungkus kawat elektroda

Dari hasil perhitungan menggunakan aplikasi ESS yang sudah dikonversi , besaran teganan tarik dari material elektroda yang digunakan adalah 413.685 N/mm^2.

Setelah menghitung besaran tegangan tarik material elektroda yang digunakan, kemudian dilakukan perhitungan Fweld dengan diketahui dimensi material yang digunakan sebagai berikut:

l las = 100mm (panjang siku material)

s las = 5 mm (lebar las)

$$F\ Weld = Tegangan\ Tarik\ Material \times 413.685 \times 100 \times 5$$

$$= 206843\ N$$

4. KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan mendapatkan rancangan tangki uji dengan dimensi 6x2x1,5m, menggunakan material dinding acrylic dengan ketebalan 20mm. Serta terdapat stiffener untuk memperkuat kontruksi dengan material profil hollow dengan dimensi 132mmx132mm dan ketebalan 13mm untuk stiffener memanjang. Untuk stiffener tegak didapatkan dimensi 50mmx50mm dengan ketebalan 6mm,kemudian untuk merakit stiffener dilakukan pengelasan menggunakan elektroda tipe E6013 dengan gaya tarik sebesar 206kN.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa penyelesaian penelitian ini tidak lepas dari bimbingan, masukan, bantuan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr Eng Muh Anis Mustaghfirin,S.T.,M.T. Selaku dosen pembimbing I.
2. Bapak George Endri Kusuma, S.T., M.Sc.Eng. selaku dosen pembimbing II.
3. Bapak/ibu dosen dan teknisi yang telah memberi saran dan membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Arifin, J. (2020). PROTOTIP *OSCILLATING* WATER COLUMB (OWC). *AL JAZARI : JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN*, *5*(1). https://doi.org/10.31602/al-jazari.v5i1.3042

[2] Bungin, E. R., Pallu, S., & Thaha, M. A. (2017). *PENGARUH RANGKAIAN STRUKTUR TENGGELAM TIDAK SIMETRIS TERHADAP DEFORMASI GELOMBANG*.

[3] Zainuddin &#39, Edy &#39, & Ervianto. (2016). *Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Pasang Surut Laut di Perairan Kabupaten Karimun Kepulauan Riau* (Issue 1) [Journal:eArticle, Riau University]. https://www.neliti.com/publications/202107/