

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

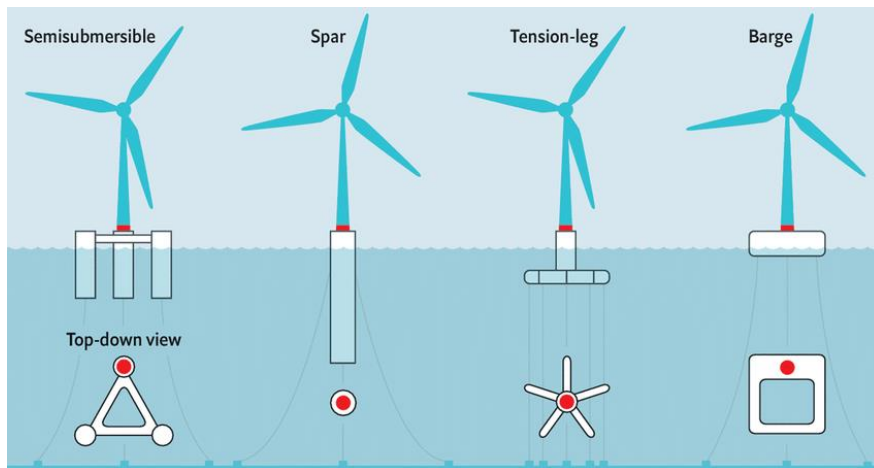
Energi merupakan salah satu faktor penting dalam pencapaian pembangunan (Khan et al., 2020). Kebutuhan energi diperkirakan terus meningkat, sementara sumber cadangan minyak bumi dan batu bara jumlahnya semakin menipis. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil sebagai energi berkontribusi terhadap kelebihan karbon di atmosfer sehingga menyebabkan pemanasan global (Jukic & Jerkovic, 2008). Sehingga dunia kemudian sudah banyak yang sudah beralih pada pemanfaatan potensi energi baru terbarukan (EBT). (Setyono & Kiono, 2021).

Menurut Kementerian Energi Baru Terbarukan (EBT) Indonesia (2008) Indonesia memiliki Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) yang cukup besar diantaranya, *mini/micro hydro* sebesar 450 MW, Biomass 50 GW, energi surya 4,80 kWh/m²/hari, energi angin 3-6 m/det dan energi nuklir 3 GW. Data potensi EBT terbaru disampaikan Direktur Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi dalam acara *Focus Group Discussion* tentang *Supply-Demand* Energi Baru Terbarukan yang belum lama ini diselenggarakan Pusdatin ESDM. Melihat keadaan geografis yang dimiliki Indonesia yang berada pada garis khatulistiwa dan sebagai salah dari negara kepulauan yang tentunya menjadi potensi energi angin yang sangat berlimpah. Potensi energi angin di Indonesia juga mencakup wilayah perairan, khususnya pada daerah lepas pantai (*Offshore*). Berikut pada Gambar 1. Menunjukkan peta potensi energi angin di Indonesia.



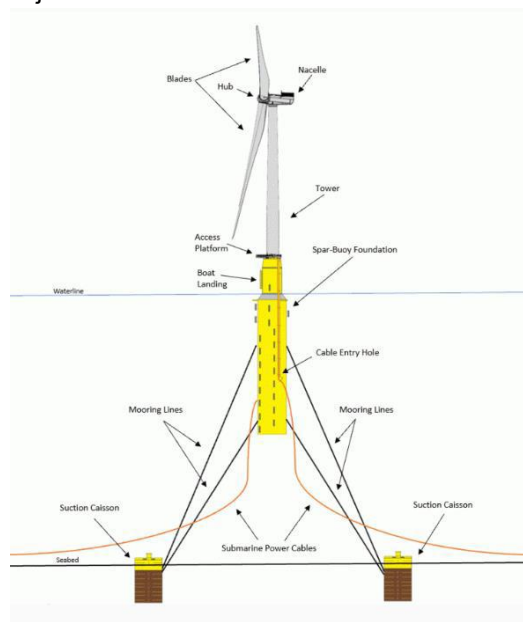
Gambar 1. Peta Sebaran Energi Angin (DEN, 2024)

Turbin angin merupakan alat yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik dengan memanfaatkan energi kinetik dari angin. *Floating Offshore Wind Turbine* merupakan salah satu terobosan teknologi terbarukan yang lebih praktis dan ekonomis sebagai pembangkit tenaga angin lepas pantai, baik untuk laut dalam maupun laut menengah. Analisa respon dinamik diperlukan untuk menjaga integritas struktur (Karimirad, 2011). Terdapat empat jenis struktur penopang *Floating Offshore Wind Turbine* yakni jenis *Semi-Submersible*, *Tension Leg Platform*, *Barge*, dan *SPAR*. Berikut pada Gambar 2. desain *Floater Offshore Wind Turbine* (FOWT).



Gambar 2. Tipe-tipe desain *Floating Offshore Wind Turbine* (FOWT) (Xuan Mei dan Min Xiong, 2021).

SPAR (*Single Point Anchor Reservoir*) merupakan jenis struktur terapung yang beroperasi pada laut sangat dalam (*ultra-deepwater*) mencapai kedalaman lebih dari 1000 m. Sehingga struktur jenis terpancang tidak memungkinkan untuk beroperasi di laut dalam karena kurang efektif baik dari sisi teknis maupun ekonomis (Chan, 1990). Berikut pada Gambar 3. Menunjukkan contoh struktur SPAR.



Gambar 3. Struktur terapung tipe *Single Point Anchor Reservoir* (Jochem Tacx, 2019)

SPAR *platform* telah menarik banyak perhatian dari para peneliti dan *engineer* rekayasa struktur lepas pantai dikarenakan SPAR merupakan struktur yang paling efektif dan dapat diandalkan dari segi biaya konstruksi jika dibandingkan dengan struktur

lainnya (Tao et al, 2007). Platform SPAR merupakan silinder memanjang yang menggunakan air/metal/beton sebagai penyeimbang pada kompartemen paling bawah. CoG yang rendah dan jauhnya jarak antara CoG dan CoB membuat platform ini semakin stabil, karena tinggi metacenter yang semakin besar. *Restoring momen* pada gerakan *pitch* dan *roll* secara langsung berhubungan dengan metacenter. Gerakan *heave* dipengaruhi oleh *surface area*. Sementara *surge*, *sway* dan *yaw* membutuhkan redaman (Zulfikar, 2018). Sehingga untuk meningkatkan daya redaman struktur diperlukan peredam tambahan pada sistem SPAR. Beberapa modifikasi pada struktur yang ada, seperti cakram penyeimbang, dan pelat vertikal ditawarkan sebagai alternatif yang tentunya dengan beberapa variasi jumlah pelat vertikal yang digunakan (Assidiq, 2023).

Beberapa pengujian telah dilakukan untuk memastikan periode natural dan karakteristik redaman yang dialami oleh SPAR. Seperti halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ramadan, 2024). Melakukan pengujian numerik pada SPAR dengan memberikan variasi *swing plate* dan *heave plate* pada struktur bawah SPAR yang bertujuan untuk mengetahui respon dinamis yang dialami oleh struktur akibat penambahan pelat peredam. Sehingga pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan eksperimen terhadap struktur terapung angin lepas pantai tipe SPAR yang berfokus pada karakteristik redaman mode *heave* akibat variasi *swing plate* dan *heave plate*.

1.2 Rumusan Masalah

Berangkat dari latar belakang di atas terdapat beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian tugas akhir ini, antara lain :

1. Bagaimana pengaruh *swing plate* dan *heave plate* terhadap redaman *heave* struktur pada model SPAR ?
2. Bagaimana konfigurasi *swing plate* dan *heave plate* yang optimal meredam *heave* struktur ?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan tujuan untuk :

1. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh *swing plate* dan *heave plate* terhadap redaman *heave* struktur pada model SPAR.
2. Untuk mengetahui bagaimana konfigurasi *swing plate* dan *heave plate* yang optimal meredam *heave* struktur.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Memberikan pemahaman tentang karakteristik redaman *heave* dari struktur terapung angin lepas pantai tipe SPAR.
2. Memberikan pemahaman tentang pengaruh *swing plate* terhadap karakteristik redaman pada struktur terapung angin lepas pantai tipe SPAR.
3. Memberikan data akurat dari hasil eksperimen guna memvalidasi hasil simulasi dari model komputasi dan teoritis.

1.5 Batasan Masalah

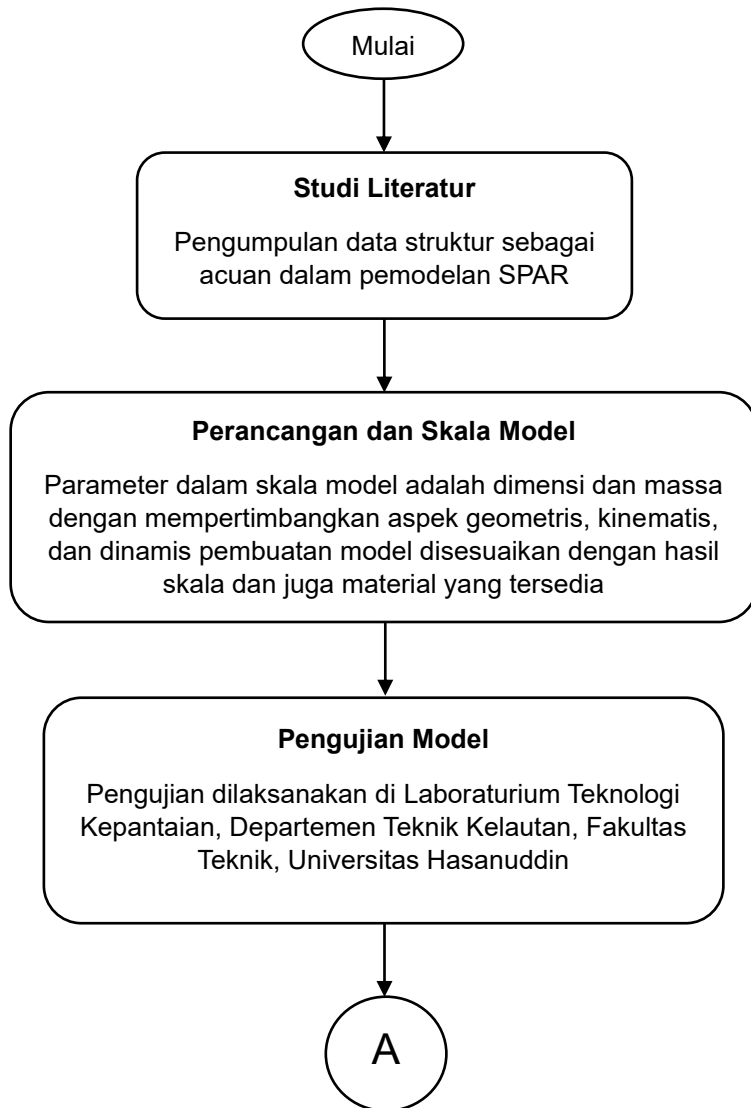
Berikut ini Batasan masalah yang digunakan agar tetap berada pada topik pembahasan penyusunan tugas akhir. Hal tersebut antara lain sebagai berikut :

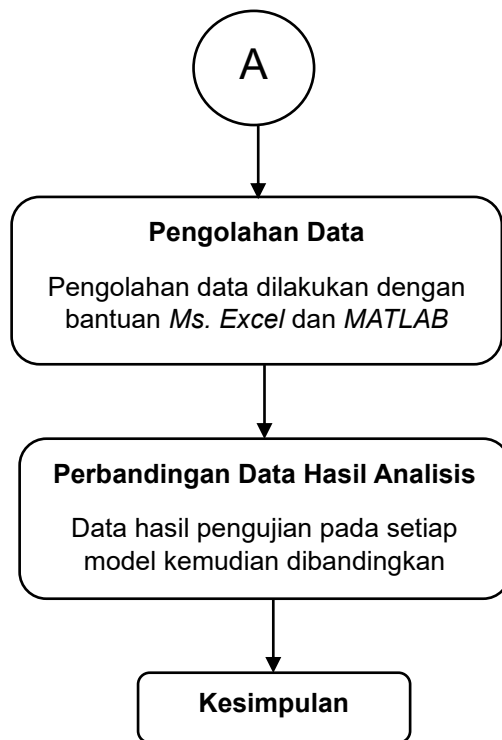
1. Eksperimen model struktur terapung angin lepas pantai dengan variasi *swing plate*.
2. Analisis terkait pola redaman hanya berfokus pada gerakan *heave*.
3. Beban lingkungan tidak diperhitungkan dalam pengujian.
4. Eksperimen model SPAR ini tidak dilakukan dalam keadaan tertambat.
5. Efek aliran disekitaran SPAR tidak dipertimbangkan.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1. Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian dilakukan dengan berbagai tahapan dan prosedur. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram alir berikut :





Gambar 4. Tahapan Penelitian

2.2. Tahapan Penelitian

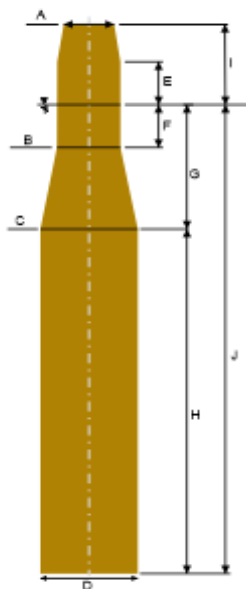
Berikut ini penjelasan dari diagram alir pengerjaan tugas akhir yang dilakukan :

2.2.1. Studi Literatur

Studi literatur dilaksanakan dengan maksud untuk mengumpulkan data pustaka sebagai bahan literasi yang berkaitan dengan SPAR sebagai struktur terapung angin lepas pantai sebagai penunjang dalam penyusunan tugas akhir. Data yang SPAR yang digunakan adalah 6 MW SPAR yang diambil dalam jurnal penelitian (Zheng et al., 2020). Tabel 1. menunjukan data dimensi mini SPAR yang digunakan sebagai acuan dalam pemodelan.

Tabel 1. Dimensi *mini* SPAR 1:1 (Ramadan, 2024)

Deskripsi	Besaran	Satuan
A	8,0	m
B	9,5	m
C	14,6	m
D	14,6	m
E	6,0	m
F	6,0	m
G	20,0	m
H	56,0	m
I	13,0	m
J	76,0	m



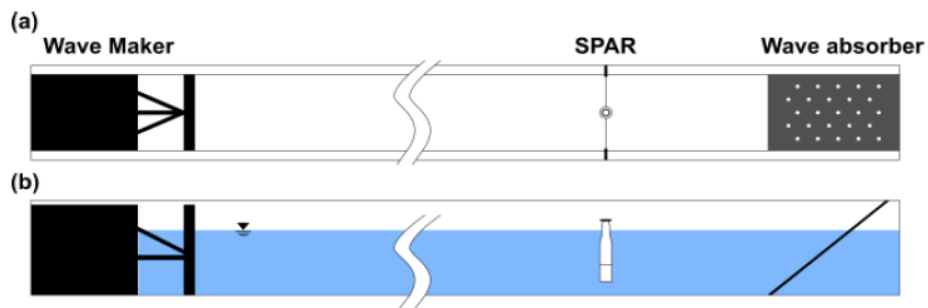
Gambar 5. Ukuran 6 MW SPAR (Ramadan, 2024)

2.2.2. Perancangan dan Skala Model

Persiapan dilakukan dengan melakukan skala model dimensi mini SPAR 6 MW. Dari data dimensi tersebut kemudian diskalakan dengan parameter dimensi dan massa dengan mempertimbangan aspek kesamaan Geometris, kinematis, dan dinamis. Mini SPAR yang dimodelkan menyesuaikan kondisi pada *wave tank* yang ada pada Laboratorium Teknologi Kepantaian, Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

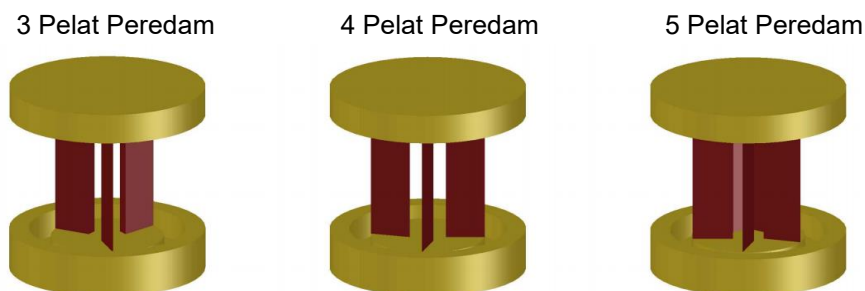
Tabel 2. Dimensi *Wave Tank*

Deskripsi	Besaran	Satuan
Panjang	24	m
Lebar	1,0	m
Kedalaman	1,1	m



Gambar 6. Layout *wave tank* Laboratorium Teknologi Kepantaian, Departemen Teknik Kelautan FT-UH (Assidiq, 2023)

Pada bagian bodi SPAR dilakukan modifikasi dengan penambahan *swing plate* dengan beberapa variasi, seperti : pelat peredam 3 (3SP), pelat peredam 4 (4SP), dan pelat peredam 5 (5SP). Pada bagian atas dan bagian bawah pelat terdapat penambahan *heave plate* seperti halnya pada Gambar 7. dan Gambar 8.



Gambar 7. Model pelat peredam (Ramadan, 2024)



Gambar 8. Bentuk pelat Swing (Ramadan, 2024)

Setelah skala model selesai dan dimensi dari skala sudah didapatkan maka pada tahap ini dilakukan pembuatan model yang disesuaikan dengan hasil skala tersebut. Adapun Langkah-langkah yang dilakukan dimulai dari pembuatan model SPAR dengan menggunakan pipa PVC sebagai material pada bagian lambung. Kemudian pada bagian pelat peredam sendiri berbahan dasar pelat PVC yang mana dimensi disesuaikan dengan data hasil analisis skala model.

2.2.3. Pengujian Model

Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *free decay test*. *Free decay Test* digunakan untuk mensimulasikan gerakan yang memiliki momen hidromekanik seperti gerakan *heave*, *pitch*, *roll*, *surge*, *sway*, dan *yaw* guna mendapatkan periode natural dan *damping coefficients*. Pada penelitian ini berfokus pada gerakan *heave*, dimana struktur model SPAR diberikan simpangan awal searah dengan sumbu Z (*heave*). Kemudian gerakan struktur direkam menggunakan kamera handphone. Hasil rekaman diatas kemudian dilakukan *tracker analysis* menggunakan *Video Tracker Analysis* untuk mendapatkan data *decay*.

2.2.4. Pengolahan Data

Pengolahan data eksperimen dilakukan dengan menggunakan *Ms. Excel* dan *MATLAB*. Hasil olahan akan didapatkan *amplitudo* osilasi redaman yang selanjutnya akan di hitung hingga memperoleh nilai periode natural, *damping coefficients*. Sehingga komponen komponen redaman dapat ditemukan.

2.2.5. Perbandingan Hasil Studi Analisis

Setelah eksperimen dan perhitungan telah dilakukan, Langkah selanjutnya dilakukan analisis. Hasil dari masing-masing pengujian model kemudian dibandingkan. Perbandingan dilakukan untuk mengetahui karakteristik redaman disetiap variasi model yang diuji.

2.2.6. Kesimpulan

Hasil analisis dari tiap percobaan dibandingkan untuk menentukan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan guna mendapatkan jawaban dari rumusan masalah yang telah diangkat dalam penelitian tugas akhir.