

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

NSO-A *Offshore Platform* merupakan salah satu fasilitas produksi migas lepas pantai milik PT Pertamina Hulu Energi (PHE) yang terletak di Selat Malaka, sekitar 82 km dari PT Arun NGL Plant. Platform ini berperan penting dalam menunjang aktivitas eksplorasi dan produksi, serta dilengkapi dengan *landing boat* sebagai akses utama transfer personel dan logistik dari kapal. Posisi *landing boat* yang berada di area bawah platform membuatnya langsung terpapar beban lingkungan ekstrem seperti gelombang, arus laut, angin, dan tumbukan kapal. Kondisi ini dapat menimbulkan respon dinamis berupa deformasi, percepatan, hingga resonansi, yang dalam jangka panjang menyebabkan kerusakan struktural seperti retak sambungan, deformasi permanen, hingga korosi berat. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan metode perkuatan yang efektif dan tahan terhadap lingkungan laut, salah satunya menggunakan material CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*).

Karena sifatnya yang ringan, kuat, dan tahan terhadap korosi, material komposit seperti FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) telah banyak diteliti dan diterapkan dalam rekayasa struktur. *Fiber Reinforced Polymer* (FRP) merupakan salah satu pilihan material yang dapat digunakan untuk memperkuat dan memperbaiki struktur. FRP memiliki kekuatan tarik yang tinggi, serta fleksibilitas yang baik. Selain itu, material ini juga ringan, sehingga tidak memerlukan peralatan berat untuk transportasinya ke lokasi proyek (Hirwo & Rozak, 2022). FRP bisa terbuat dari tiga jenis bahan komposit, yaitu *Carbon*, *Glass*, dan *Aramid*. Untuk perkuatan struktur *landing boat* ini, digunakan jenis FRP yang dikenal sebagai CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*).

CFRP (*Carbon fiber reinforced polymer*) adalah jenis bahan komposit yang diperkuat dengan serat karbon. Bahan ini memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, tahan terhadap korosi, memiliki daya tahan yang sangat baik, dan proses pemasangannya cukup mudah. Penerapan lembaran CFRP pada elemen baja

tidak hanya memperkuat kekakuan struktur, tetapi juga secara substansial memperpanjang masa pakainya dan mengurangi kebutuhan untuk pemeliharaan (Lee et al., 2025).

Melalui pendekatan numerik menggunakan simulasi elemen hingga (*Finite Element Method*), penelitian ini akan melakukan analisis perbandingan antara struktur *landing boat* dalam kondisi eksisting dan struktur yang telah diperkuat menggunakan CFRP, untuk mengetahui sejauh mana peningkatan kinerja dinamis yang diperoleh. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan metode perkuatan struktur *offshore* yang efisien dan tahan lama.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan Latar belakang diatas dapat di lihat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar respon dinamis struktur *landing boat offshore platform* pada kondisi eksisting terhadap beban lingkungan dan beban tumbukan kapal.
2. Seberapa besar respon dinamis struktur *landing boat offshore platform* setelah diperkuat dengan CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*) terhadap beban lingkungan dan beban tumbukan kapal.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka di dapatkan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui besarnya respon dinamis struktur *landing boat offshore platform* pada kondisi eksisting terhadap beban lingkungan dan beban tumbukan kapal.
2. Untuk mengetahui besarnya respon dinamis struktur *landing boat offshore platform* setelah diperkuat dengan CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*) terhadap beban lingkungan dan beban tumbukan kapal.

1.4. Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan yang telah dijelaskan, manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Memberikan informasi teknis mengenai besarnya respon gerak dinamis struktur *landing boat offshore platform* pada kondisi eksisting, yang dapat menjadi referensi awal dalam analisis struktur yang mengalami beban dinamis laut.
2. Menjadi acuan praktis dalam penerapan perkuatan menggunakan CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*) pada struktur baja *offshore*, khususnya dalam upaya menurunkan respon dinamis akibat pengaruh gelombang, arus, angin, dan tumbukan kapal.

1.5. Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Untuk mempermudah penyelesaian masalah dan menghindari penelitian yang terlalu luas sesuai dengan tujuan yang ingin di capai, maka diperlukan Batasan penelitian sebagai berikut:

1. Tidak memperhitungkan beban gempa.
2. Struktur yang akan dianalisis hanya mencakup *landing boat*
3. Tidak menganalisis gaya batang pada sistem truss.
4. Beban dinamis yang dianalisis dalam penelitian ini dibatasi pada kombinasi beban gelombang, arus, angin, dan tumbukan kapal, tanpa mempertimbangkan sumber beban dinamis lainnya.
5. Respon gerak dinamis yang ditinjau dalam penelitian ini meliputi *velocity*, deformasi, dan akselerasi.
6. Peraturan desain yang menggunakan adalah API RP/2A WSD 2014.
7. Analisis menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan program ANSYS 2024R1.

1.6. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode numerik berbasis elemen hingga (*Finite Element Analysis*) dengan pendekatan simulasi komputer untuk menganalisis respon struktur secara mendetail. Data lingkungan berupa gelombang, arus, dan angin diperoleh melalui pengumpulan data kolektif dari sumber sekunder. Penelitian difokuskan pada respon gerak dinamis struktur *landing boat offshore* terhadap beban lingkungan dan tumbukan kapal, baik dalam kondisi eksisting

maupun setelah diperkuat CFRP. Pemodelan dilakukan menggunakan *SpaceClaim* dan ANSYS *Workbench*, dengan analisis hidrodinamika melalui ANSYS *Fluent* serta simulasi tumbukan di ANSYS *Mechanical*. Hasil evaluasi dibandingkan untuk menilai efektivitas perkuatan CFRP dalam mereduksi respons dinamis struktur.

1.7. Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil analisis numerik, struktur *landing boat* pada kondisi *eksisting* menunjukkan respon dinamis yang cukup signifikan akibat kombinasi beban lingkungan laut dan tumbukan kapal. Tegangan maksimum terjadi pada waktu 3,5 detik dengan nilai sebesar 116,99 MPa, sedangkan setelah dilakukan perkuatan CFRP nilainya menurun menjadi 108,36 MPa atau terjadi reduksi sekitar 7,377%. Penurunan ini menunjukkan bahwa CFRP mampu mengurangi konsentrasi tegangan pada area kritis tubular. Respon deformasi total juga memperlihatkan tren yang sama, di mana deformasi maksimum pada kondisi *eksisting* tercatat sebesar 4,132 mm, sementara setelah diperkuat CFRP menurun menjadi 4,070 mm dengan reduksi sekitar 1,505%. Kondisi ini mengindikasikan peningkatan kekakuan struktural yang dihasilkan oleh perkuatan komposit.

Selain itu, respon kecepatan dan percepatan struktur juga mengalami penurunan setelah diberikan perkuatan CFRP. Kecepatan maksimum pada kondisi *eksisting* mencapai 13,560 mm/s pada waktu 5,5 detik, sedangkan setelah perkuatan nilainya menurun menjadi 13,348 mm/s atau berkurang sekitar 1,56%. Respon percepatan juga menunjukkan hal serupa, di mana nilai maksimum pada kondisi *eksisting* sebesar 51,691 mm/s² menurun menjadi 50,892 mm/s² setelah perkuatan, dengan reduksi sekitar 1,55%. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa penerapan CFRP efektif dalam menurunkan respon dinamis boat landing, dengan kontribusi paling signifikan terlihat pada parameter tegangan, sementara reduksi pada deformasi, kecepatan, dan percepatan berada pada kisaran 1–2%.