

Penentuan Konfigurasi Pengangkatan *Topside Deck 186 Ton* Pada *Offshore Converter Platform*

Yusuf Nizar^{1*}, Tiwi Gustria Ningsih², Hendra Saputra³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

Jl. Ahmad Yani, Batam Kota, Kepulauan Riau, Indonesia

*E-mail: nizarucup04@email.com

Abstrak

Anjungan *Offshore Converter Platform* (OCP) merupakan infrastruktur yang krusial untuk menunjang kegiatan eksploitasi energi di lokasi lepas pantai, terutama untuk mendukung proses pengolahan energi dari turbin angin lepas pantai. Untuk membangun sebuah struktur *topside* dan *jacket* OCP, diperlukan proses fabrikasi dan konstruksi struktur pada *fabrication yard* yang ditopang oleh *temporary stool* dan *upper grillage*. Objek penelitian ini adalah *topside deck-3* dengan berat 186.71 ton dengan dimensi (LxWxH) 33,1m x 17,8m x 5,5m. Analisis statis dilakukan untuk membandingkan dan menentukan variasi konfigurasi pengangkatan yang efektif berdasarkan perolehan nilai defleksi dan rasio tegangan sebenarnya terhadap tegangan izin atau lebih dikenal sebagai rasio *unity check* (UC). Dan hasil analisis dari perbandingan antara 2 crane didapatkan dengan menggunakan perangkat lunak sebagaimana ditunjukkan pada gambar 6 terdapat member terbesar dengan nilai UC 0.573. Nilai UC yang jauh dari angka 1 menunjukkan struktur relative aman dan efektif jika ditinjau dari tegangan saat pengangkatan. Hasil analisis dari 4 crane ditunjukkan pada gambar 7 terdapat member terbesar dengan nilai UC 0.780. Nilai UC yang jauh dari angka 1 menunjukkan struktur relative aman dan efektif jika ditinjau dari tegangan saat pengangkatan. Jadi melalui analisa pengangkatan *topside deck-3* bisa disimpulkan bahwa struktur relative aman dan efektif jika menggunakan opsi 2 crane, karena hasil tegangan lebih kecil daripada pengangkatan dengan 4 crane. Dan posisi gook terhadap C.o.G (*Center of Gravity*) sangat mempengaruhi integritas struktur.

Kata kunci: *topside, structural integrity, lifting,*

Abstrak

The offshore converter platform (OCP) is a crucial infrastructure to support energy exploitation activities in offshore locations, especially to support the energy processing process from offshore wind turbines. To build a topside structure and OCP jacket, a fabrication process and structural construction are required in the fabrication yard which is supported by a temporary stool and upper grillage. The object of this research is the topside deck-3 with a weight of 186.71 tons with dimensions (LxWxH) of 33.1m x 17.8m x 5.5m. Static analysis is performed to compare and determine the variation of the effective lifting configuration based on the acquisition of the deflection value and the ratio of the actual stress to the permissible stress or better known as the unity check (UC) ratio. And the results of the analysis of the comparison between the 2 cranes were obtained using software as shown in the figure. 6 have the largest members with a UC score of 0.573. The UC value that is far from the number 1 indicates a relatively safe and effective structure when viewed from the voltage during lifting. The results of the analysis of 4 cranes are shown in figure.7 there is the largest member with a UC value of 0.780. The UC value that is far from the number 1 indicates a relatively safe and effective structure when viewed from the voltage

during lifting. So through the analysis of the topside deck-3 lifting, it can be concluded that the structure is relatively safe and effective if using the 2 crane option, because the tension result is smaller than the lifting with 4 cranes. And the position of the hook against the C.o.G (Center of Gravity) greatly affects the integrity of the structure.

Keywords: *topside, structural integrity, lifting*

1. Pendahuluan

Di masa depan, energi minyak dan gas akan terus diproduksi, sehingga minyak dan gas akan tetap menjadi pasokan energi utama dunia, sekitar 44% pada tahun 2050. Untuk memenuhi permintaan ini, perusahaan energi minyak dan gas akan berusaha meningkatkan produksinya dengan terus mengeksplorasi dan memanfaatkan ladang minyak dan gas yang baru [1]. Platform lepas pantai digunakan untuk eksplorasi dan produksi minyak di laut.

Secara struktural, platform terdiri dari dua bagian yaitu bagian atas dan substruktur. Bagian atas adalah struktur baja yang menampung fasilitas dan aktivitas manusia. Substruktur menopang bagian atas agar berada pada ketinggian aman di atas laut. Umumnya, bagian atas dan substruktur dirancang dan dibuat terpisah, lalu diintegrasikan di darat atau lepas pantai. Metode integrasi tergantung pada desain keduanya dan sangat memengaruhi desain, khususnya bagian atas. Bab ini membahas bagian atas platform dan berbagai filosofi desainnya [2].

Namun platform laut tergolong struktur besar non-entitas di laut terbuka, dengan angin yang tidak berarah tetap. Metode perhitungan saat ini dinilai tidak akurat karena sering mengabaikan gaya angin pada permukaan tegak lurus struktur.

Beban angin adalah beban utama yang memengaruhi keselamatan struktur platform laut. Beban ini dapat menyebabkan resonansi langsung dan memicu gelombang atau arus sebagai efek tidak langsung. Studi ini meninjau metode perhitungan beban angin pada platform laut berdasarkan norma domestik dan internasional [3].

Pengangkatan adalah salah satu proses terpenting dalam fabrikasi platform lepas pantai. Proses ini melibatkan struktur dengan beban besar dan dimensi yang dapat mengarah pada kegagalan struktural. Salah satu kegagalan yang sering terjadi dalam operasi pengangkatan adalah kegagalan struktur kait crane. Dalam studi ini, analisis kekuatan konfigurasi rigging dan kait crane dilakukan dalam proses pengangkatan dek atas pada fase penumpukan menggunakan metode analitis dan numerik[4].

Pembuatan modul di dunia offshore sering kali tak sesuai dengan kapasitas alat angkat yang tersedia. Sering dijumpai di lapangan banyak modul-modul yang dibuat namun ketika modul tersebut selesai, perusahaan yang menjadi pemegang tender tak memiliki alat angkat yang dapat mengangkat modul yang sudah jadi [5].

Maka dari itu, untuk memanfaatkan sumber energi angin lepas pantai tersebut, diperlukannya substation berupa *offshore converter platform (OCP)* yang mendampingi turbin angin lepas pantai dengan tujuan menaungi peralatan *high voltage direct current (HVDC)* agar dapat menyalurkan hasil energi listrik dari turbin angin menuju stasiun yang berlokasi di daratan.

Untuk membangun sebuah OCP, diperlukan proses fabrikasi dan konstruksi *platform topside* dan struktur *jacket* di sebuah galangan fabrikasi. Dalam melaksanakan proses fabrikasi topside, seluruh struktur dek akan difabrikasi secara bersamaan dan akan disusun secara berurutan untuk membentuk sebuah struktur *topside* melalui operasi *stacking*. Fabrikasi dan konstruksi struktur anjungan lepas pantai tidak terlepas dari proses pengangkatan. Proses pengangkatan adalah metode yang sangat penting dalam proses fabrikasi, karena akan sulit jika memindahkan dek atau struktur tanpa perencanaan dan analisa *lifting arrangement*.

Salah satu tantangan terbesar dalam melakukan operasi pengangkat di lapangan ialah menentukan posisi konfigurasi pengangkatan yang aman dan efektif. Seringkali, kesalahan desain pengangkatan dapat mengakibatkan terjadinya pergerakan objek yang tidak terkontrol, kegagalan atau kerusakan dalam alat bantu, defleksi berlebihan, dan berbagai isu keselamatan lainnya. Maka dari itu pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan analisa proses pengangkatan dengan membandingkan beberapa variasi konfigurasi pengangkatan.

Adapun tujuan penelitian pada tugas akhir ini yaitu menentukan konfigurasi *lifting* yang efektif dengan membandingkan respon struktur pada konfigurasi *lifting* yang direncanakan.

2. Metodologi Penelitian

Dalam membuat penelitian ini memiliki tahapan prosedur yang dilakukan yaitu yang pertama, mencari, mengumpulkan, menelaah teori serta referensi yang sesuai dengan topik penelitian yang diangkat. Penelitian ini memanfaatkan sumber-sumber penelitian sebelumnya mengenai bidang struktur yang berupa Tugas Akhir (TA), dokumen engineering berupa gambar teknis. Analisis dan penilaian integritas struktur menggunakan standard *DNVGL-ST-N001* dan *API-RP2A WSD*. Standard *DNVGL-ST-N001* digunakan sebagai panduan menentukan faktor-faktor desain selama proses pengangkatan sementara *API-RP2A WSD* memberikan batasan untuk tegangan dan defleksi.

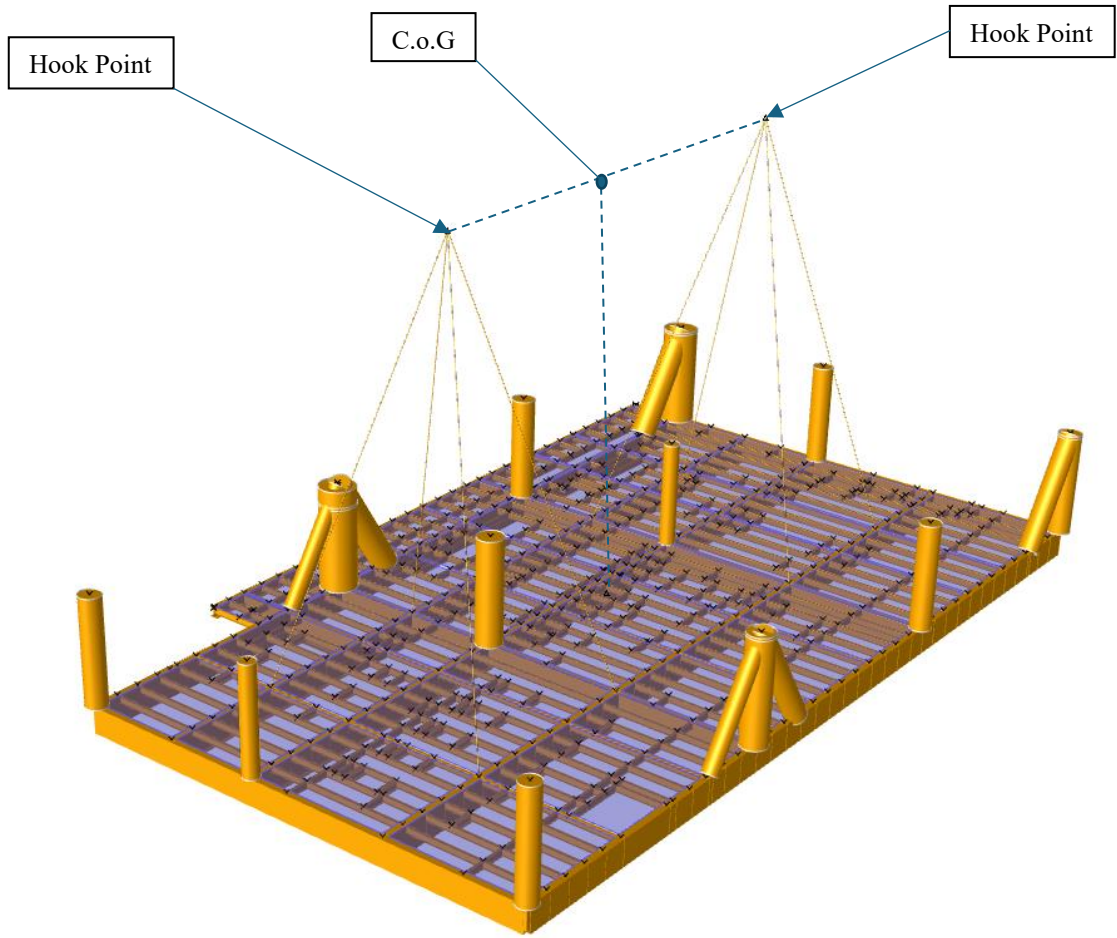
Adapun faktor-faktor desain yang harus ada dan pengaruh dalam pembuatan model *topside deck-3* yang digunakan pada penelitian mengacu pada standard *DNVGL-ST-N001* yaitu sebagai berikut:

1. Faktor kontingensi, yaitu faktor yang mengakomodir ketidakpastian pembebanan struktur. Nilai kontingensi diambil sebesar 10%. Faktor kontingensi pada model tugas akhir ini ditunjukkan dengan kondisi pembebanan yang ditinjau secara umum terdiri dari komponen-komponen beban yang ingin ditinjau beserta faktor beban yang relevan (*Load Condition*) L000, seperti tabel yang dijelaskan pada gambar 7 dan gambar 9.
2. Faktor amplifikasi dinamik, sebagai faktor untuk mengakomodir gaya inersia tambahan akibat pergerakan struktur selama pengangkatan. Nilai amplifikasi dinamik diambil sebesar 10% dengan asumsi bahwa proses pengangkatan dilakukan didarat dengan konfigurasi statik. Faktor amplifikasi dinamik pada model tugas akhir ini ditunjukkan dengan kondisi pembebanan yang ditinjau secara umum terdiri dari komponen-komponen beban yang ingin ditinjau beserta faktor beban yang relevan (*Load Condition*)L001, seperti tabel yang dijelaskan pada gambar 7 dan gambar 9.
3. Faktor konsekuensi guna mengakomodir kemungkinan peningkatan resiko kegagalan bagi komponen struktur yang mendekati titik pengangkatan. Nilai konsekuensi diambil dari 30% untuk bagian komponen struktur yang relatif dekat dengan titik pengangkatan dan 15% untuk bagian komponen struktur yang relative jauh dengan titik pengangkatan. Faktor konsekuensi pada model tugas akhir ini ditunjukkan dengan kondisi

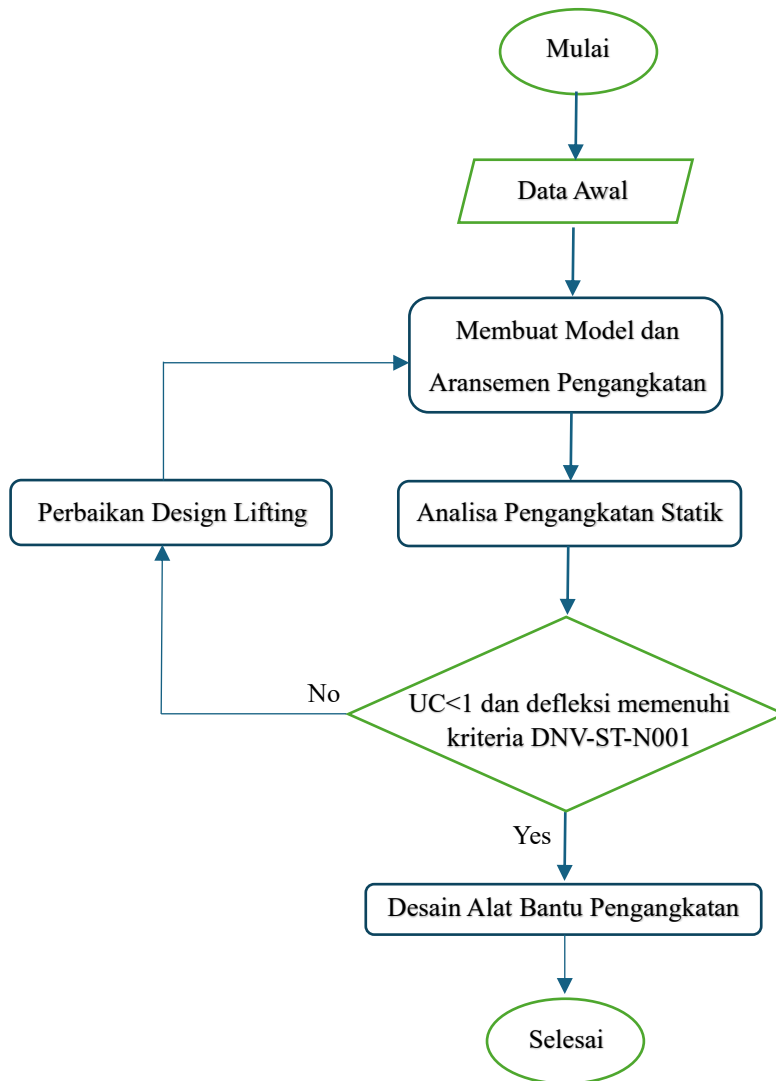
pembebanan yang ditinjau secara umum terdiri dari komponen-komponen beban yang ingin ditinjau beserta faktor beban yang relevan (*Load Condition*) L002, seperti tabel yang dijelaskan pada gambar 7 dan gambar 9.

Data-data yang diperlukan dalam penelitian *lifting deck-3* pada fabrikasi *topside* OCP, karena konstruksi *topside deck-3* satu-satunya platform yang dikonstruksi secara modular sehingga dibutuhkan perencanaan operasi pengangkatan untuk setiap komponen struktur. tugas akhir ini membahas salah satu operasi pengangkat yang dilakukan salah satunya berada di *row* 1 sampai 4 dan bisa dilihat pada gambar 2, dan ini meliputi data struktur *topside* yaitu gambar teknis yang ditunjukkan pada gambar 2.1 dan material. Setelah itu langkah selanjutnya pemodelan struktur *topside deck-3* OCP dilakukan menggunakan data yang didapatkan sebelumnya, termasuk beban struktur *topside deck-3*, beban peralatan (*equipment*), dan dimensi setiap member struktur yang digunakan saat proses fabrikasi dan konstruksi yang akan dimasukkan ke dalam perangkat lunak untuk dilakukan pemodelan, dan ketika pemodelan diperlukan untuk melakukan beberapa perubahan untuk aransemen pengangkatan dikarenakan proses pemodelan dan aransemen pengangkatan membutuhkan banyak perubahan untuk dilakukan sampai memiliki hasil yang baik dan efektif. Setelah menyelesaikan pemodelan struktur *topside deck-3*, selanjutnya menentukan *lifting point* (titik peletakan pengangkatan) dan melakukan pemodelan untuk konfigurasi tali (*slings*), *hook crane*, yang akan digunakan untuk analisis selanjutnya, setelah menyelesaikan semua pemodelan, selanjutnya analisis statis untuk mengetahui *lifting point* (titik peletakan pengangkatan) mengalami bending (pembengkokan) struktur dengan analisa *lifting topside deck-3* pada penelitian dilakukan dengan membandingkan dua konfigurasi sebagai berikut :

1. *Lifting deck topside* menggunakan 4 crane.
2. *Lifting deck topside* menggunakan 2 crane.

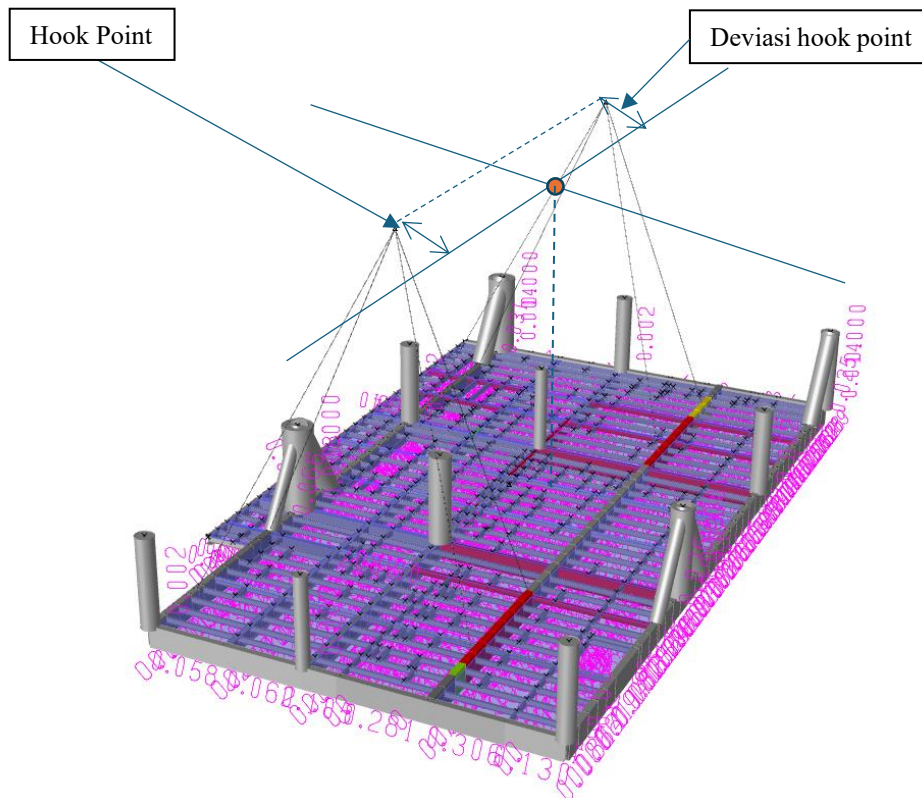


Gambar 3 Model *Topside Deck-3*



Gambar 4 Diagram Alir Metode Analisis *Lifting Topside Deck-3*

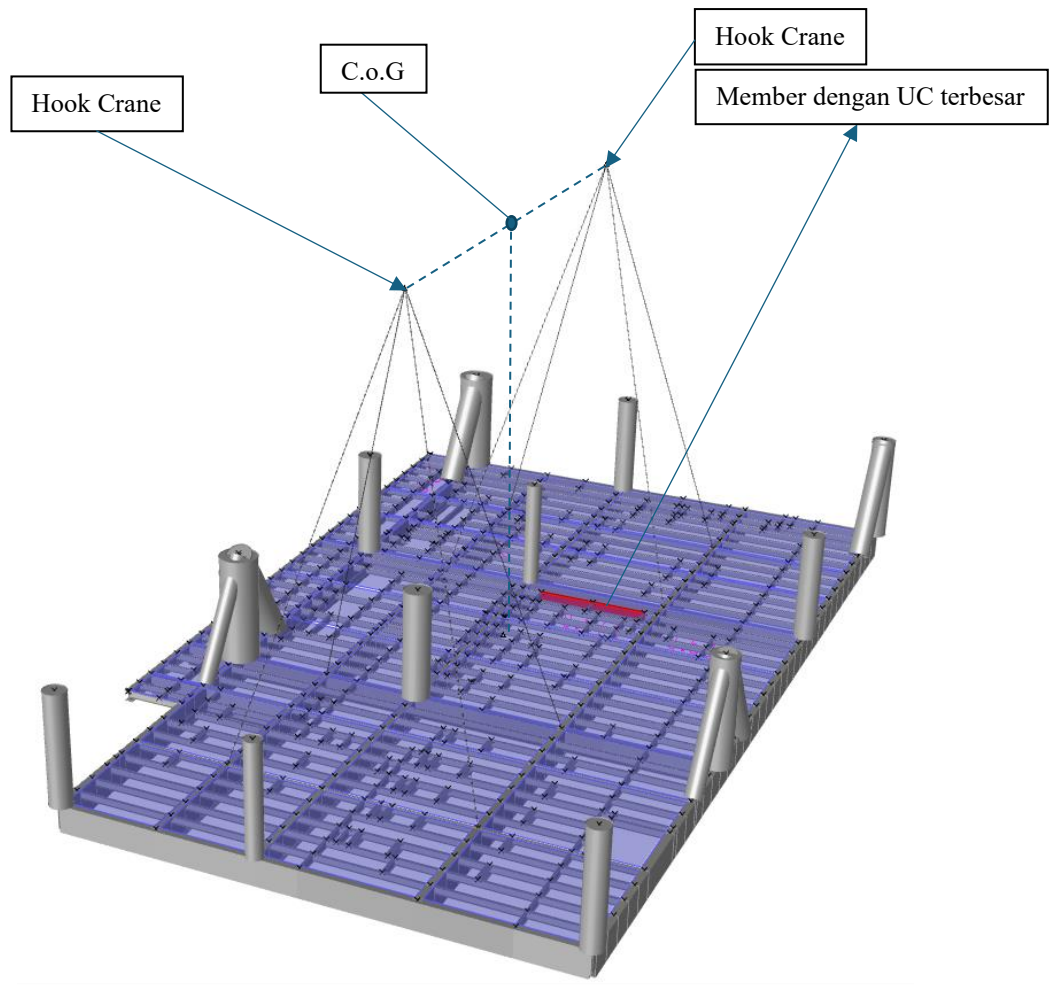
3. Analisa Data dan Pembahasan



Gambar 5 Ilustrasi pengangkatan yang tidak memenuhi kriteria desain

Pada iterasi pertama ditemukan struktur tidak memenuhi syarat kekuatan saat diangkat diakibatkan oleh C.o.g (*Center of Gravity*) yang tidak segaris dengan *hook point*. Hal ini menyebabkan struktur menjadi tidak stabil sehingga struktur mengayun selama proses pengangkatan. Pergerakan struktur tersebut dapat memberikan beban tambahan pada setiap komponen struktur.

Hal ini dapat diminimalisir dengan melakukan iterasi posisi titik hook point segaris dengan titik C.o.G (*Center of Gravity*).

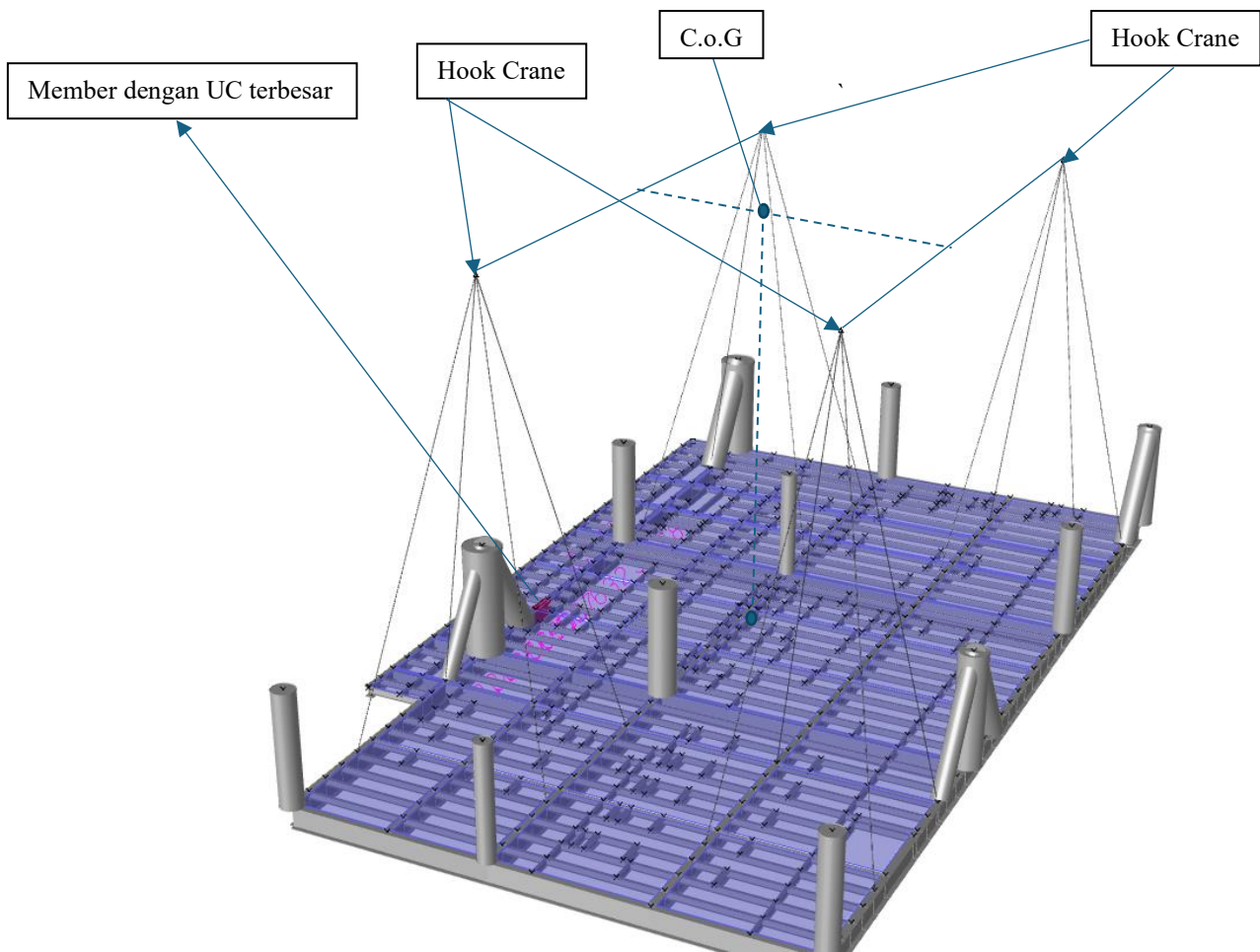


Gambar 6 Hasil analisa UC topside deck-3 menggunakan 2 crane

LOAD COND.	JOINT	DEFL (X) (cm)	JOINT	DEFL (Y) (cm)	JOINT	DEFL (Z) (cm)	JOINT	DEFL (T) (cm)
1	0297	1.936	0297	-0.401	0032	-2.156	0032	2.695
L000	0297	2.130	0297	-0.441	0032	-2.372	0032	2.965
L001	0297	2.768	0297	-0.573	0032	-3.083	0032	3.854
L002	0297	3.045	0297	-0.631	0032	-3.391	0032	4.240

Gambar 7 Hasil analisa defleksi topside deck-3 menggunakan 2 crane

Kegagalan pada iterasi pertama dapat dimitigasi dengan memindahkan titik hook point agar segaris dengan titik C.o.G (*Center of Gravity*). Setelah melakukan hal tersebut didapatkan hasil sebagaimana ditunjukkan pada gambar 6 terdapat member terbesar dengan nilai UC 0.573. Nilai UC yang jauh dari angka 1 menunjukkan bahwa struktur relatif aman dan efektif jika ditinjau dari tegangan yang terjadi saat pengangkatan. Jika ditinjau untuk defleksi struktur juga memenuhi syarat seperti gambar 7. Ditemukan bahwa defleksi terjadi di join 0032 sebesar 33mm. Join ini merupakan bagian dari member dengan bentang $L=19880\text{mm}$ dan defleksi izin $L/240=83\text{mm}$. Dikarenakan defleksi aktual 33mm lebih kecil dibandingkan dengan 83mm maka struktur memenuhi izin defleksi ketika pengangkatan.



Gambar 8 Hasil analisa UC topside deck-3 menggunakan 4 crane

LOAD COND.	JOINT	DEFL (X) cm)	JOINT	DEFL (Y) (cm)	JOINT	DEFL (Z) (cm)	JOINT	DEFL (T) (cm)
1	1032	0.216	297	-0.562	0306	-0.426	0297	0.562
L000	1032	0.238	297	-0.618	0306	-0.468	0297	0.618
L001	1032	0.310	297	-0.803	0306	-0.609	0297	0.803
L002	1032	0.340	297	-0.884	0306	-0.670	0297	0.884

Gambar 9 Hasil analisa defleksi topside deck-3 menggunakan 4 crane

Kegagalan pada iterasi pertama dapat dimitigasi dengan memindahkan titik hook point agar segaris dengan titik C.o.G (*Center of Gravity*). Setelah melakukan hal tersebut didapatkan hasil sebagaimana ditunjukkan pada gambar 8 terdapat member terbesar dengan nilai UC 0.780. Nilai UC yang jauh dari angka 1 menunjukkan bahwa struktur relatif aman dan efektif jika ditinjau dari tegangan yang terjadi saat pengangkatan. Jika ditinjau untuk defleksi struktur juga memenuhi syarat seperti gambar 9. Ditemukan bahwa defleksi terjadi di join 0306 sebesar 6.7mm. Join ini merupakan bagian dari member dengan bentang $L=5605\text{mm}$ dan defleksi izin $L/240=23\text{mm}$. Dikarenakan defleksi aktual 6.7mm lebih kecil dibandingkan dengan 23mm maka struktur memenuhi izin defleksi ketika pengangkatan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi, nilai UC maksimal untuk konfigurasi pengangkatan menggunakan 2 crane adalah sebesar 0.570, sedangkan nilai UC maksimal untuk konfigurasi pengangkatan menggunakan 4 crane adalah sebesar 0.780. Hal ini menunjukkan bahwa pengangkatan menggunakan 2 crane memberikan hasil yang lebih baik ketimbang menggunakan 4 crane. Hasil simulasi defleksi pada pengangkatan menggunakan 2 crane adalah sebesar 3.391 cm, dimana nilai batas yang diizinkan berdasarkan standard API-RP2A WSD adalah sebesar 8.3 cm. Hal ini menunjukkan bahwa pengangkatan menggunakan 2 crane memiliki operabilitas yang baik sesuai dengan kode standard yang berlaku. Sehingga disimpulkan bahwa pengangkatan menggunakan 2 crane dapat memberikan hasil yang lebih aman dan efektif dengan operabilitas yang lebih baik ketimbang pengangkatan menggunakan 4 crane.

Daftar Pustaka

- [1] Kautsar, G. (2022). *Design and build application for composting organic waste using android-based smart composting system*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1081(1), 012043.
- [2] American Bureau of Shipping. (2014). *Rules for building and classing offshore installations*. Houston, TX: ABS.
- [3]. Sheng, Yuchen. "A Review of the Calculation Methods of Lifting Capacity in Wind Loads on Ocean Platforms." *Open Journal of Marine Science* 11.2 (2021): 69-79.
- [4] Hadiwidodo, Y. S., and R. G. Permana. "Strength analysis of crane hook structure with trapezoidal cross-section based on rigging configuration on the upper deck lifting process." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 1166. No. 1. IOP Publishing, 2023..
- [5] Jamal, Rahmad Fajar. *Analisa Pengangkatan Modul Topside Dengan Menggunakan Stacking Structure Method*. Diss. Universitas Hasanuddin, 2023.