

Analisis Pengaruh Pergerakan *Barge* terhadap Pergerakan Struktur *Riser Support Jacket* pada Proses Lifting Tahap Instalasi

Rifki Mahardi, Yoyok Setyo Hadiwidodo, dan Rudi Walujo Prastianto
Departemen Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: yoyoksetyo@oe.its.ac.id

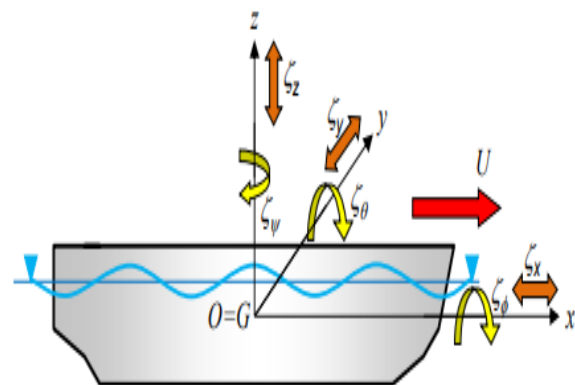
Abstrak—Proses instalasi merupakan tahap terakhir dari serangkaian tahapan fabrikasi struktur *Jacket*. Pada penelitian ini, struktur *Jacket* akan diinstalasi dengan metode *lifting*. Keamanan pada proses *lifting* perlu diperhitungkan secara tepat agar selama proses tidak terjadi kegagalan. Salah satunya adalah bagaimana pengaruh pergerakan *barge* terhadap pergerakan struktur saat dilakukan proses *lifting*. *Barge* yang digunakan pada penelitian terlebih dahulu dimodelkan menggunakan Software MOSES untuk mengetahui bagaimana pergerakannya ketika proses *lifting* dilakukan. Struktur *riser support* dimodelkan menggunakan Software SACS untuk mengetahui titik beratnya, selanjutnya dilakukan perhitungan panjang *slings*. Model *lifting* kemudian diinput pada Software OrcaFlex untuk menganalisa pengaruh pergerakan *barge* terhadap pergerakan struktur. Analisa dilakukan pada lima arah pembebanan yaitu 0° , 45° , 90° , 135° , dan 180° . Kesimpulan dari penelitian ini adalah pergerakan *barge* yang memiliki dampak paling besar terhadap pergerakan struktur terjadi saat arah pembebanan 90° dengan nilai maksimum *offset* pergerakan *barge* adalah 1,93 m dan maksimum *offset* pergerakan struktur sebesar 0,96 m terhadap *clearance crane boom*. Pada kondisi lainnya, arah pembebanan 0° simpangan maksimum yang terjadi pada *barge* adalah 0,52 m dan simpangan maksimum pergerakan struktur adalah 0,67 m. Pada arah pembebanan 45° , simpangan maksimum pada *barge* adalah 0,24 m dengan simpangan maksimum pergerakan struktur adalah 0,86 m. Arah pembebanan 135° simpangan maksimum *barge* adalah 0,89 m dan simpangan maksimum struktur adalah 0,30 m. Sedangkan pada arah pembebanan 180° , simpangan maksimum *barge* 0,12 m adalah 0,27 m.

Kata Kunci—*Barge*, *Lifting*, RAO, *Riser Support Jacket*.

I. PENDAHULUAN

KEGIATAN eksplorasi serta eksploitasi minyak dan gas bumi semakin gencar dilakukan seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan minyak dan gas bumi, sehingga kebutuhan akan pembangunan anjungan lepas pantai pun semakin banyak dilakukan. Anjungan lepas pantai secara umum dibagi menjadi dua, yaitu anjungan lepas pantai terpacang (*fixed structure*) dan anjungan lepas pantai terapung (*floating structure*) [1]. Pada bangunan lepas pantai jenis terpacang, bagian struktur anjungan dibagi menjadi dua bagian utama yaitu *jacket* dan *topside*.

Jacket merupakan konstruksi substruktur baja yang terbuat dari pipa-pipa yang berfungsi untuk menopang bangunan di atasnya selama masa operasi dari anjungan tersebut. *Jacket* memiliki fungsi yang tidak hanya untuk menopang deck yang berada di atas permukaan air, namun struktur *jacket* juga dapat digunakan untuk menopang *module* yang berada di dasar laut. Pada penelitian ini, *jacket* yang dianalisis merupakan *riser support jacket* dimana *jacket* ini memiliki fungsi untuk menopang *riser* yang letaknya berada di dasar laut. Tahapan



Gambar 1. Sistem Sumbu dan Definisi Gerakan Bangunan Laut Terapung.

dalam perancangan *jacket* terbagi menjadi tiga tahap besar yaitu fabrikasi, *loadout* dan instalasi. tahap instalasi, yang merupakan proses akhir dalam pembuatan *jacket* adalah tahap pemasangan *jacket* pada lokasi yang sudah ditentukan sebelumnya. Penentuan metode instalasi struktur *jacket*, dapat ditentukan dengan mempertimbangkan profil dari *jacket* itu sendiri dan bagaimana kondisi lingkungan seperti gelombang, arus, dan angin pada lokasi instalasi. Terdapat dua metode yang paling sering digunakan untuk proses instalasi *jacket* yaitu *lifting* dan *launching*. Pada kasus ini, metode yang akan digunakan untuk proses instalasi adalah metode *lifting*.

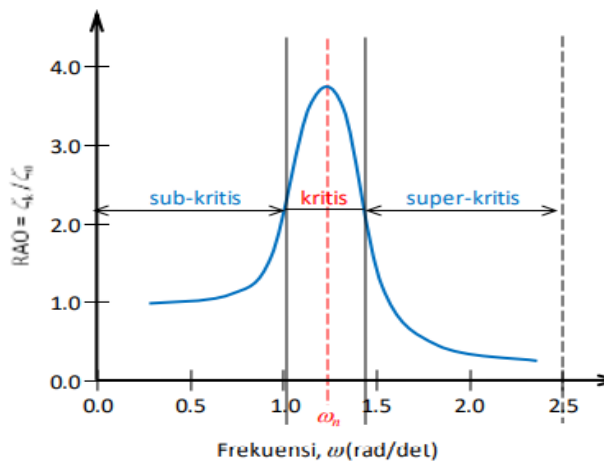
Metode *lifting* pada proses instalasi *jacket* ini menggunakan bantuan *floating crane* atau *crane* yang berada di atas *floating structure* seperti *barge* maupun kapal atau biasa disebut sebagai *heavy lift structure* [2]. Saat proses *lifting* tahap instalasi, beban lingkungan seperti gelombang dan angin tentunya akan berpengaruh pada pergerakan *barge* yang pada akhirnya akan berpengaruh juga pada pergerakan struktur yang sedang dilakukan proses *lifting* [3]. Pada penelitian ini, pergerakan struktur akan dianalisa pada setiap arah gelombang, dimana kondisi dianalisa pada lima arah gelombang yaitu 0° , 45° , 90° , 135° , dan 180° .

II. URAIAN PENELITIAN

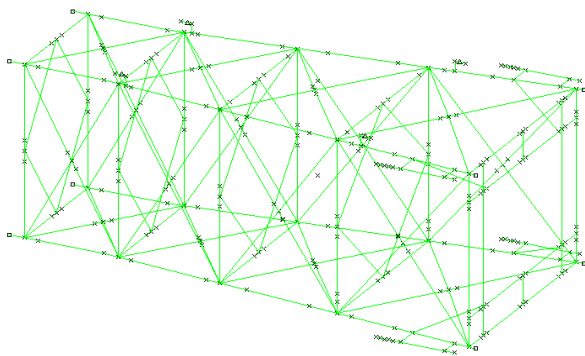
A. Pengumpulan Data Teknis

Berikut merupakan data struktur *riser support jacket*, *crane barge*, dan komponen *rigging*, yang digunakan pada penelitian ini:

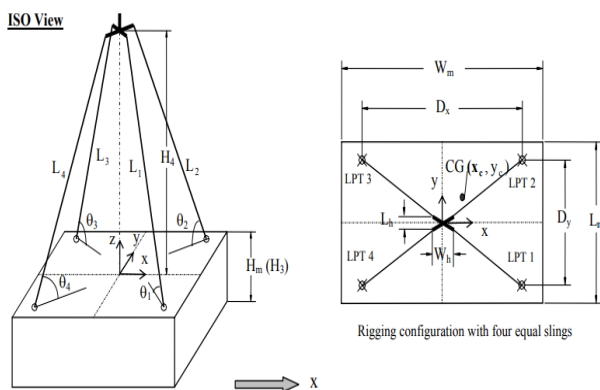
- Kedalaman perairan : 119,6 m
- Data *Barge* [4]:
Dimensi:



Gambar 2. Bentuk Umum Grafik Respons Gerakan Bangunan apung.



Gambar 3. Model Riser Support Jacket pada Software SACS.



Gambar 4. Konfigurasi Rigging Empat Lifting Point.

1. LoA : 121,92 m
2. Lpp : 121,92 m
3. Lebar : 32, 31 m
4. Tinggi : 8,69 m
5. Sarat Air : 5,52 m

c. Berat:

Displacement : 19.477 ton

Titik Berat:

1. LCG : 63,55 m (after bow)
2. VCG : 8,28 m (above b/l)
3. TCG : 1,03 m (to stbd from centerline)

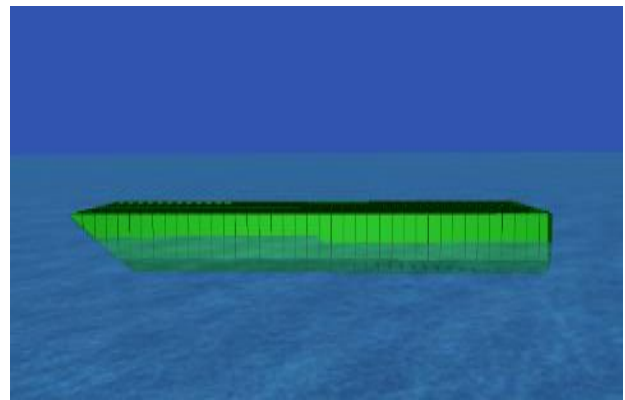
d. Data Struktur:

Elevasi : EL (-) 71,9 m, EL (-) 81,6 m, EL (-) 92,6 m, EL (-) 105,3 m, dan EL (-) 119,6 m.

Working Point : EL (-) 80 m

Lebar Struktur : 18 m (antara Row-A & Row-B)

Tinggi Struktur : 50 m



Gambar 5. (a) Model barge dari tampak samping, (b) Model barge dari tampak atas.

Tabel 1.

| Validasi model MOSES dengan data stability book | | | |
|---|----------------|-------------|------------|
| Validasi Model | | | |
| Keterangan | Stability Book | Perhitungan | Persentase |
| Disp. | 14.577 | 14.668 | 0,63% |
| LCG | 63,55 | 63,27 | 0,44% |
| VCG | 8,28 | 8,21 | 0,79% |
| TCG | 1,03 | 1,03 | 0,36% |

Tabel 2.

Koordinat Titik Berat Struktur

| Sumbu | Koordinat (m) |
|-------|---------------|
| X | 18,62265 |
| Y | -0,0594 |
| Z | 9,20968 |

Tabel 3.

Data Beban Pada Pemodelan Struktur

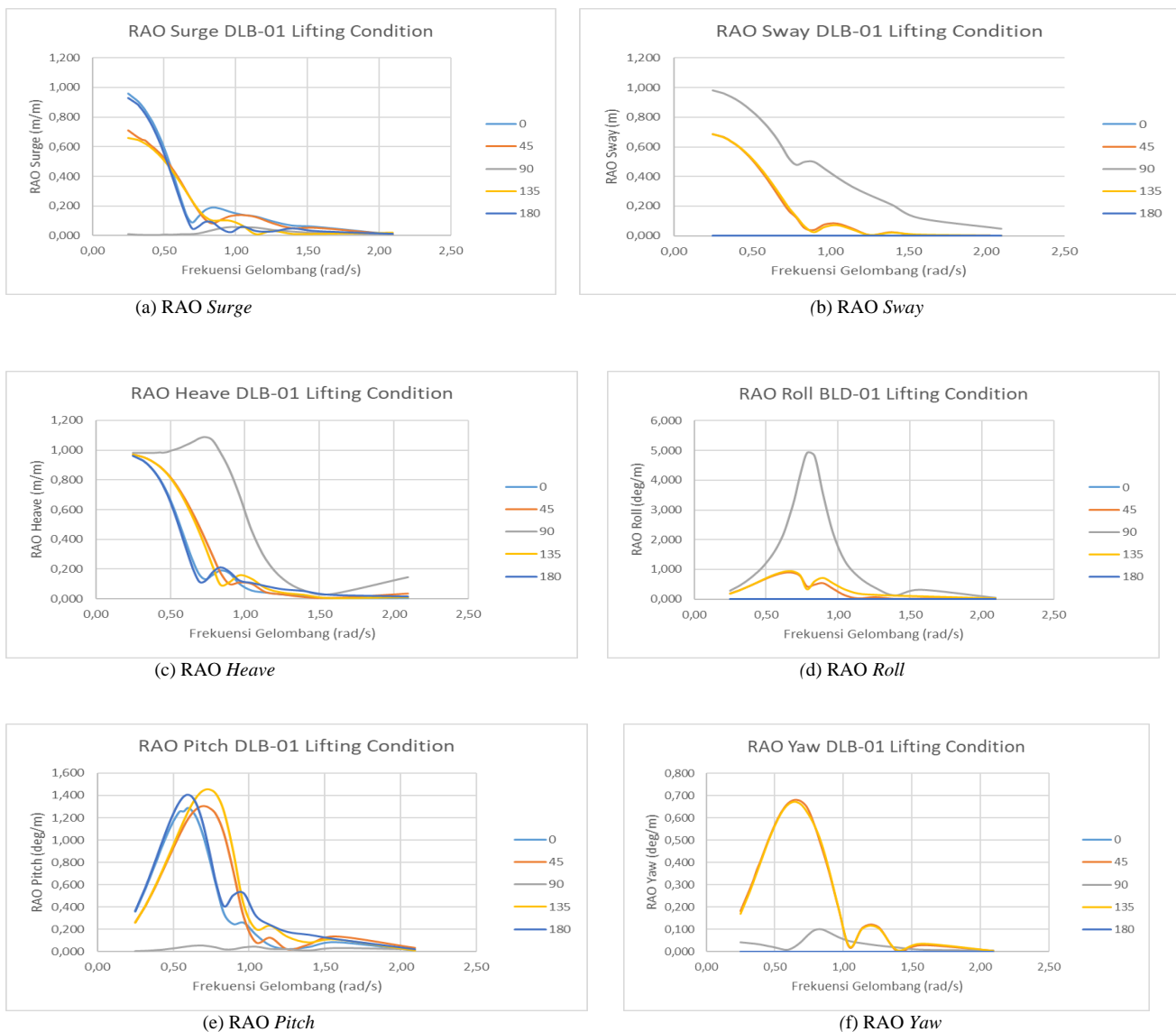
| Beban | Jumlah | Berat (MT) | Total Berat (MT) |
|--|--------|------------|------------------|
| Anodes | 160 | 0,3 | 48 ton |
| Upending Padeyes | 4 | 1,5 | 6 |
| Dead Weight | 1 | 440 | 440 |
| Total Berat Beban (MT) | | | 494 |
| Total Berat Angkat (dengan contingency factor) | | | 518,7 |

B. Pemodelan Crane Barge

Pemodelan crane barge dilakukan dengan bantuan Software MOSES, dimana model disesuaikan dengan data dari stability book barge tersebut.

C. Analisis 6-Derajat Kebebasan Crane Barge

Dapat kita ketahui bahwa faktor yang berperan penting dalam pergerakan bangunan laut adalah faktor dinamik fluida. Analisis dilakukan dengan cara menghitung korelasi antara kecepatan aliran fluida dan pola aliran fluida terhadap tekanan fluida yang ada disekitar bangunan laut terapung. Gerakan-gerakan ini dikonversikan terhadap sumbu x, y, dan z dengan 3 gerakan tranlasi dan 3 gerakan rotasi seperti pada Gambar 1.



Gambar 6. Grafik pergerakan *barge* atau RAO pada setiap arah pembebanan (a) RAO Surge, (b) RAO Sway, (c) RAO Heave, (d) RAO Roll, (e) RAO Pitch, (f) RAO Yaw.

a. Gerakan Translasi :

- Surge (ζ_x atau ζ_1)
- Sway (ζ_y atau ζ_2)
- Heave (ζ_z atau ζ_3)

b. Gerakan Rotasi :

- Roll (ζ_x atau ζ_4)
- Pitch (ζ_y atau ζ_5)
- Yaw (ζ_z atau ζ_6)

D. Analisa Pergerakan Crane Barge

Respons gerakan RAO untuk gerakan translasi *surge*, *sway*, dan *heave* ($k = 1, 2, 3$ atau x, y, z) merupakan perbandingan langsung antara amplitudo gerakannya dibanding dengan amplitudo gelombang insiden dalam satuan panjang [5].

$$RAO = \frac{\zeta_{k0}}{\zeta_0} (m/m) \tag{1}$$

Dimana:

ζ_0 : amplitudo gelombang (m)

ζ_{k0} : amplitudo gerakan pada mode tertentu (m)

Sedangkan, respons non-dimensi atau RAO untuk gerakan rotasi *roll*, *pitch*, dan *yaw* ($k = 3, 4, 5$ atau θ, Φ, ψ) merupakan

perbandingan amplitudo gerakan rotasi (dalam radian) dengan kemiringan gelombang, yaitu perkalian antara angka gelombang, $k_w = \omega^2/g$, dengan amplitudo gelombang insiden [6]:

$$RAO = \frac{\zeta_{k0}}{k_w \zeta_0} = \frac{\zeta_{k0}}{(\omega^2/g)\zeta_0} (rad/rad) \tag{2}$$

Keterangan:

ζ_0 : amplitudo gelombang (m)

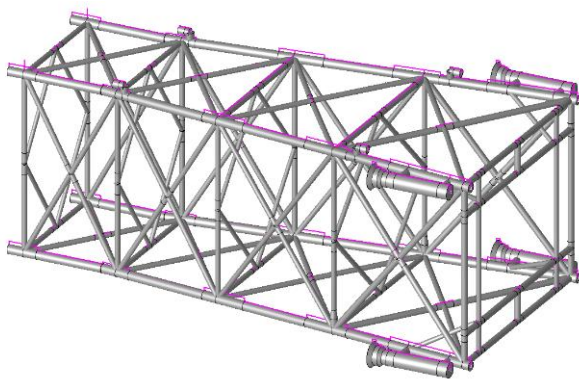
ζ_{k0} : amplitudo gerakan pada mode tertentu (m)

g : gravitasi (9,81 m/s²)

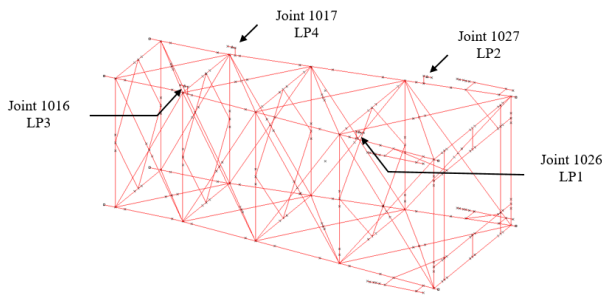
ω : frekuensi gelombang insiden (rad/s)

Mengacu pada Gambar 2, kurva respons gerakan bangunan terdapat tiga daerah bagian:

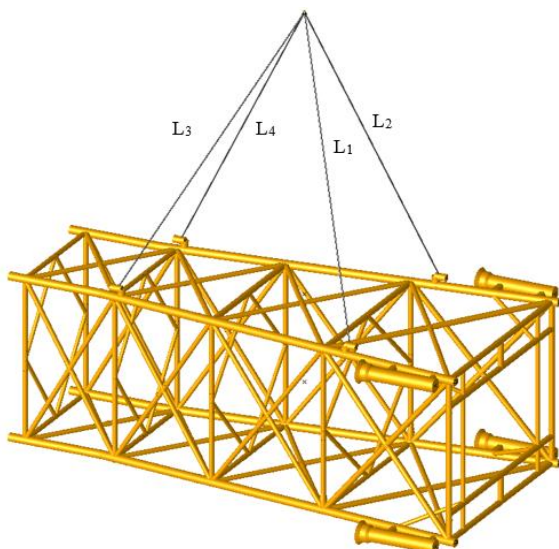
1. Bagian frekuensi daerah, atau gelombang panjang yang disebut daerah sub-kritis. Pada daerah ini bangunan laut akan bergerak mengikuti pola atau kontur elevasi gelombang yang panjang, sehingga amplitude gerakan kurang lebih akan ekuivalen dengan amplitude gelombang atau disebut sebagai *contouring*.
2. Daerah kritis, meliputi pertengahan lengan kurva disisi frekuensi rendah sampai dengan puncak kurva dan



Gambar 7. Model Beban Pada Struktur.



Gambar 8. Letak Titik Angkat Pada.



Gambar 9. Model Rigging Pada Software SACS.

diteruskan ke pertengahan lengan kurva disisi frekuensi tinggi. Hal ini mengakibatkan amplitude gerakan akan memiliki peluang terjadi lebih besar dari amplitude gerakan.

3. Daerah super-kritis, merupakan daerah frekuensi tinggi atau gelombang-gelombang pendek. Pada daerah ini respons gerakan bangunan laut akan mengecil karena efek yang diberikan kepada bangunan laut bergerak diatas air yang relatif datar.

E. Pemodelan Lifting Struktur Riser Support Jacket

Struktur *riser support jacket* dimodelkan menggunakan Software SACS, sebelum akhirnya dilakukan analisis konfigurasi *rigging*. Struktur *riser support jacket* sendiri akan diangkat dalam posisi tidur seperti pada Gambar 3.

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam operasi *lifting*, diantaranya [7]:

1. Jarak antara objek/struktur *lifting* dengan *crane boom*.

Tabel 4.
Perhitungan panjang *sling* 9

| Sling | Sudut | Panjang Sling | | Tinggi Hook (m) |
|----------------|-------|---------------|--------|-----------------|
| | (deg) | m | ft | |
| L ₁ | 66,45 | 34,10 | 111,88 | 31,26 |
| L ₂ | 66,32 | 34,14 | 112,00 | |
| L ₃ | 60,06 | 36,08 | 118,36 | |
| L ₄ | 60,00 | 36,10 | 118,43 | |

Tabel 5.
Gerak Translasi Struktur Pada *Heading* 0°
Kondisi Arah Pembebanan 0°

| Jenis Gerakan Struktur | Sumbu | Translasi Maksimum | | Satuan |
|--------------------------|---------|--------------------|-------|--------|
| | | X | Y | |
| Gerak Translasi Maksimum | Sumbu X | 0,67 | -0,49 | m |
| | Sumbu Y | 0,27 | -0,14 | m |
| | Sumbu Z | 0,38 | -0,46 | m |

Tabel 6.
Gerak Translasi Struktur Pada *Heading* 45°
Kondisi Arah Pembebanan 45°

| Jenis Gerakan Struktur | Sumbu | Translasi Maksimum | | Satuan |
|--------------------------|---------|--------------------|-------|--------|
| | | X | Y | |
| Gerak Translasi Maksimum | Sumbu X | 0,85 | -1,03 | m |
| | Sumbu Y | 1,25 | 0,68 | m |
| | Sumbu Z | 0,47 | -0,74 | m |

Tabel 7.
Gerak Translasi Struktur Pada *Heading* 90°
Kondisi Arah Pembebanan 90°

| Jenis Gerakan Struktur | Sumbu | Translasi Maksimum | | Satuan |
|--------------------------|---------|--------------------|-------|--------|
| | | X | Y | |
| Gerak Translasi Maksimum | Sumbu X | 0,96 | -2,16 | m |
| | Sumbu Y | 0,75 | -3,71 | m |
| | Sumbu Z | 0,58 | -1,46 | m |

Tabel 8.
Gerak Translasi Struktur Pada *Heading* 135°
Kondisi Arah Pembebanan 135°

| Jenis Gerakan Struktur | Sumbu | Translasi Maksimum | | Satuan |
|--------------------------|---------|--------------------|-------|--------|
| | | X | Y | |
| Gerak Translasi Maksimum | Sumbu X | 0,30 | -0,58 | m |
| | Sumbu Y | 0,85 | -0,48 | m |
| | Sumbu Z | 0,53 | -0,55 | m |

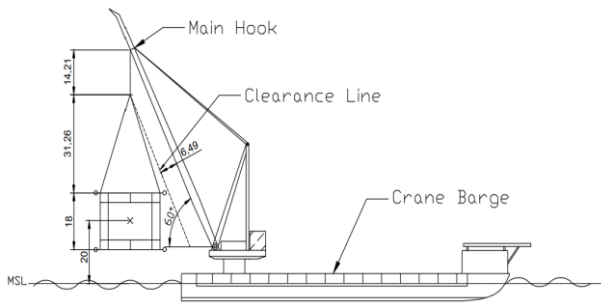
2. Jarak antara *crane boom* dengan objek/struktur lain yang berada disekitar lokasi *lifting*.
3. Jarak antara objek/struktur *lifting* dengan objek/struktur lain yang berada disekitar lokasi *lifting*.
4. Jarak antara bagian bawah objek/struktur *lifting* dengan *seafastening* yang berada diatas kapal pengangkut objek/struktur *lifting*.
5. Jarak antara bagian lambung *crane vessel* dengan *sea bed* untuk operasi di laut dangkal.

1) *Analisa Posisi Titik Berat Struktur*

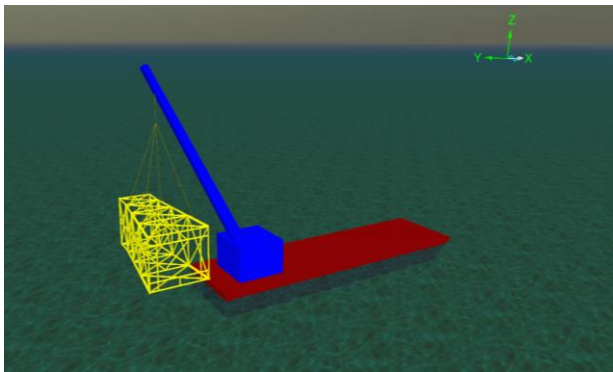
Kemudian, dilakukan identifikasi terhadap letak titik berat saat dilakukan proses *lifting*. Perhitungan titik berat atau *centre of gravity* dilakukan dengan bantuan Software SACS

2) *Analisa Beban Pada Struktur*

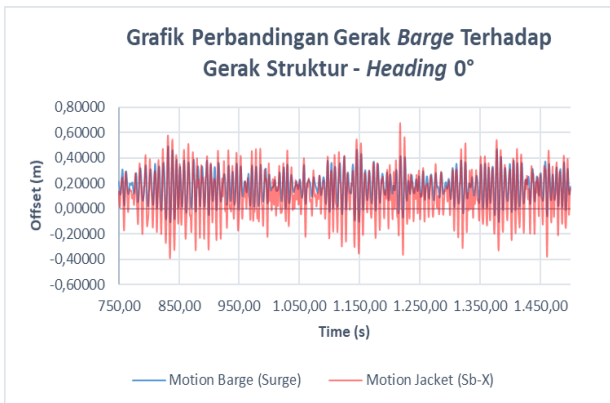
Setelah membuat model struktur, maka selanjutnya dilakukan pemodelan beban pada struktur. Beban yang terdapat pada struktur diantaranya adalah beban struktur itu sendiri (*self-weight*), *anode*, dan *upending padeye*. Dibawah ini adalah hasil pemodelan beban pada struktur



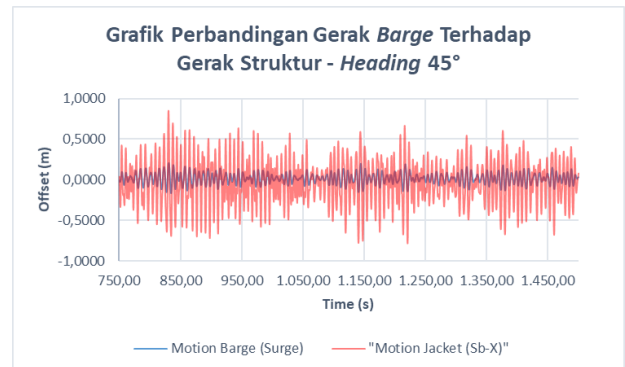
Gambar 10. *Lifting Layout* .



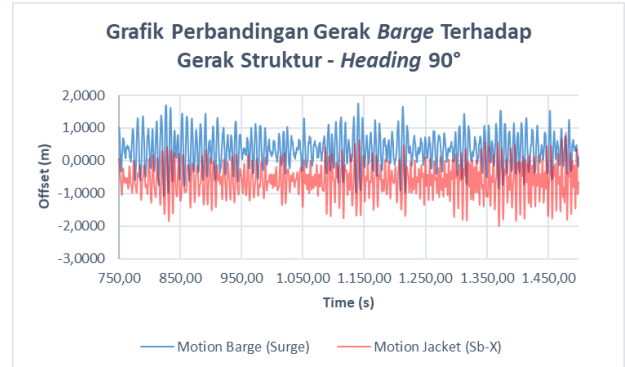
Gambar 11. Model *Lifting* Pada Software OrcaFlex.



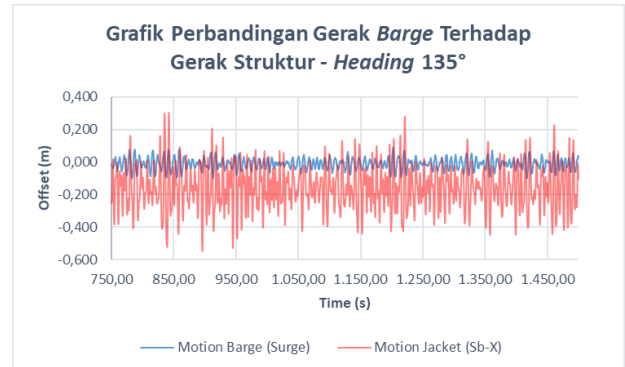
Gambar 12. Grafik Perbandingan Gerak *Barge* Terhadap Gerak Struktur Pada *Heading* 0°.



Gambar 13. Grafik Perbandingan Gerak *Barge* Terhadap Gerak Struktur Pada *Heading* 45°.



Gambar 14. Grafik Perbandingan Gerak *Barge* Terhadap Gerak Struktur Pada *Heading* 90°.



Gambar 15. Grafik Perbandingan Gerak *Barge* Terhadap Gerak Struktur Pada *Heading* 135°.

3) *Analisa Posisi Titik Angkat*

Penentuan titik angkat atau *lifting point* untuk peletakkan *trunnion* dilakukan dengan bantuan Software SACS dan dengan cara input reaksi beban terhadap sumbu vertikal. Hal tersebut dilakukan agar mendapatkan reaksi beban yang diangkat.

4) *Analisa Konfigurasi Rigging*

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, variasi konfigurasi *rigging* yang dipilih adalah konfigurasi *rigging* dengan empat *sling* seperti pada Gambar 4. Formulasi yang digunakan untuk mencari sudut kemiringan *sling*, ketinggian *hook* dari bagian atas struktur, dan besar kemungkinan sudut miring struktur saat diangkat, adalah sebagai berikut [8]:

$$L_n = \sqrt{H^2 + LPT^2} \tag{3}$$

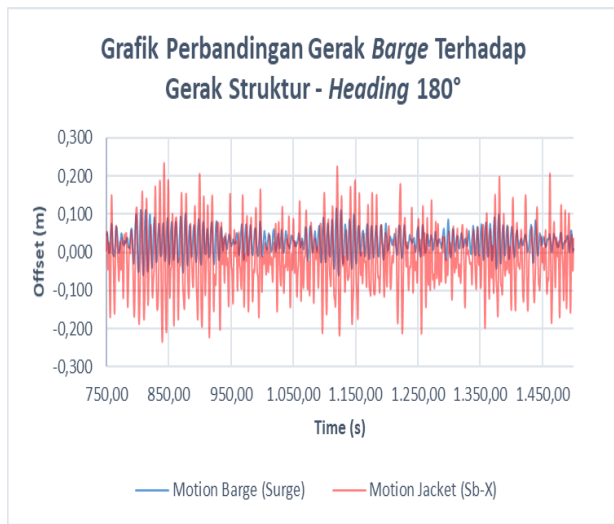
$$\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \cos^{-1} \left(\frac{\sqrt{\left(\frac{D_x - W_h}{2}\right)^2 + \left(\frac{D_y - L_h}{2}\right)^2}}{L_1} \right) \tag{4}$$

$$H_4 = \left(\sqrt{(L_1)^2 - \left(\frac{D_x - W_h}{2}\right)^2} + \left(\frac{D_y - L_h}{2}\right) \right) \tag{5}$$

$$\gamma \approx \text{tg}^{-1} \left(\frac{\sqrt{(x_c)^2 + (y_c)^2}}{H_4} \right) \tag{6}$$

Keterangan :

- θ : Sudut antara sling dengan bidang horizontal objek *lifting*
- γ : Kemungkinan sudut kemiringan objek saat proses *lifting* berlangsung
- $L_{1,2,3,4}$: Panjang *sling* (m)
- H_4 : Tinggi titik *hook* dengan bidang horizontal objek *lifting* (m)
- D_x : Jarak antar *lift point* yang berada di sumbu x (m)
- D_y : Jarak antar *lift point* yang berada di sumbu y (m)
- W_h : Lebar total struktur sepanjang sumbu x (m)
- L_h : Panjang total struktur sepanjang sumbu y (m)
- LPT : *Lifting Point*



Gambar 16. Grafik Perbandingan Gerak Barge Terhadap Gerak Struktur Pada Heading 45°.

Tabel 9. Gerak Translasi Struktur Pada Heading 180° Kondisi Arah Pembebanan 180°

| Jenis Gerakan Struktur | Sumbu | Translasi Maksimum | | Satuan |
|--------------------------|---------|--------------------|-------|--------|
| | | X | Y | |
| Gerak Translasi Maksimum | Sumbu X | 0,27 | -0,25 | m |
| | Sumbu Y | 0,26 | 0,14 | m |
| | Sumbu Z | 0,28 | -0,32 | m |

O : Titik CoG

F. Pemodelan Lifting Pada Software OrcaFlex

Pemodelan crane boom dan crane control room menggunakan 6D Buoy di OrcaFlex agar dapat menempel atau attach satu sama lain dengan barge sehingga efek gerakan barge juga tersalurkan pada crane yang nantinya berpengaruh pada pergerakan struktur akibat dari gerakan gelombang.

G. Analisa Pengaruh Gerak Barge Terhadap Gerak Struktur

Selanjutnya, dalam menganalisis gerakan struktur, yang menjadi parameter adalah gerakan translasi dan rotasi apa saja yang terjadi pada struktur selama proses running Software OrcaFlex pada posisi lifting yang telah ditentukan, lalu seberapa jauh offset atau perpindahan posisi maksimum struktur selama running berlangsung dan bagaimana kondisi struktur saat simpangan terjauh terhadap clearance crane boom.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Pemodelan dan Analisa Pergerakan Barge

Barge dimodelkan dengan menggunakan Software MOSES dengan kondisi sudah disesuaikan saat melakukan proses lifting, yaitu sudah ada penambahan beban struktur dibagian belakang dari barge. Setelah itu, model divalidasi kembali untuk memastikan bahwa model sudah menyerupai bentuk dan kondisi aslinya. Validasi dilakukan pada displacement dan titik berat barge Berikut Gambar 5 merupakan hasil dari pemodelan barge: Setelah membuat model pada Software MOSES, kemudian dilakukan validasi

CoG dan displacement antara model dengan data dari stability booklet dapat dilihat pada Tabel 1.

Setelah model divalidasi, maka selanjutnya adalah melakukan analisa terhadap pergerakan crane barge pada gelombang regular yang biasanya disebut dengan Response Amplitude Operator (RAO). RAO sendiri disajikan dalam bentuk grafik dimana absisnya adalah parameter frekuensi, dan ordinatnya adalah rasio antara amplitude gerakan bangunan apung (ζ_{k0}) dengan amplitude gelombang (ζ_0). Gambar 6 adalah grafik gerakan RAO berdasarkan gerakannya.

B. Pemodelan Lifting pada Software SACS

1) Analisa Titik Berat Struktur

Proses lifting pada sebuah struktur tidak akan lepas dari titik berat atau centre of gravity karena titik berat merupakan aspek penting pada proses ini. Titik berat pada penelitian ini mengacu pada titik DATUM yang terletak pada Mid. Span Panel Brace EL (-) 119,6 m. Untuk perhitungan titik berat dilakukan dengan bantuan Software SACS, sehingga didapatkan letaknya seperti pada Tabel 2.

2) Analisa Beban Pada Struktur

Pada Tabel 3 merupakan data beban yang terdapat pada struktur riser support jacket saat dilakukan proses lifting, dan model beban pada struktur dapat dilihat pada Gambar 7.

3) Analisa Posisi Titik Angkat

Jumlah dari titik angkat yang ditentukan adalah 4 (empat) buah. Masing-masing ditempatkan pada EL (-)107,84 m dengan jumlah 2 (dua) buah dan EL (-)82,37 m dengan jumlah 2 (dua) buah, seperti pada Gambar 8.

4) Analisa Konfigurasi Rigging

Dalam analisa konfigurasi rigging, langkah pertama yang ditentukan adalah menghitung panjang sling yang dibutuhkan untuk melakukan proses lifting riser support jacket tersebut. Sudut yang dibentuk oleh sling terhadap permukaan struktur adalah $\geq 60^\circ$ [2]. Maka panjang sling yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 9.

C. Pemodelan Lifting Layout

Untuk melihat apakah kondisi lifting struktur riser support jacket dinyatakan aman untuk dilakukan, maka perlu adanya pengecekan kondisi struktur terhadap benda-benda disekitar dan bagaimana lifting arrangement yang sesuai untuk proses lifting ini. Hal yang diperhitungkan dalam lifting arrangement ini adalah clearance crane boom dengan struktur, posisi saat lifting, ketinggian struktur ketika diangkat. Lifting layout dapat dilihat pada Gambar 10.

Dari lifting layout diatas, dapat ditentukan bahwa struktur akan diangkat dengan ketinggian 20 m dari permukaan laut, kemiringan crane boom sebesar 60° , dan clearance antara struktur dengan crane boom sebesar 6,49 m.

D. Analisis Pengaruh Gerak Barge Terhadap Gerak Struktur

Pada Gambar 11 merupakan model lifting pada Software OrcaFlex. Hasil analisa dibawah berisi pergerakan struktur selama proses running OrcaFlex terhadap kondisi arah beban lingkungan yang terjadi. Keterangan gerak yang terjadi pada struktur diketahui sebagai berikut:

a. Gerak Translasi X :

- (+) Struktur bergerak ke arah haluan dari posisi statis
- (-) Struktur bergerak ke arah buritan dari posisi statis

b. Gerak Translasi Y :

- (+) Struktur bergerak ke arah *starboard* dari posisi statis
- (-) Struktur bergerak ke arah *portside* dari posisi statis

c. Gerak Translasi Z :

- (+) Struktur bergerak ke arah atas dari posisi statis
- (-) Struktur bergerak ke arah bawah dari posisi statis

1) Pada Heading 0°

Gerak Translasi Struktur Pada Heading 0° dapat dilihat pada Tabel 5 dan Grafik Perbandingan Gerak Barge Terhadap Gerak Struktur Pada Heading 0° dapat dilihat pada Gambar 12.

2) Pada Heading 45°

Gerak translasi struktur pada heading 45° dapat dilihat pada tabel 6 dan grafik perbandingan gerak barge terhadap gerak struktur pada heading 45° dapat dilihat pada gambar 13.

3) Pada Heading 90°

Gerak Translasi Struktur Pada Heading 90° dapat dilihat pada Tabel 7 dan grafik perbandingan gerak barge terhadap gerak struktur pada heading 90° dapat dilihat pada gambar 14.

4) Pada Heading 135°

Gerak translasi struktur pada heading 135° dapat dilihat pada tabel 8 dan grafik perbandingan gerak barge terhadap gerak struktur pada heading 135° dapat dilihat pada gambar 15.

5) Pada Heading 180°

Gerak translasi struktur pada heading 180° dapat dilihat pada tabel 9 dan grafik perbandingan gerak barge terhadap

gerak struktur pada heading 45° dapat dilihat pada gambar 16.

IV. KESIMPULAN?RINGKASAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan melalui langkah-langkah diatas, maka dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini, pergerakan barge yang memiliki dampak paling besar terhadap pergerakan struktur terjadi saat arah pembebanan 90° dengan nilai maksimum *offset* pergerakan barge adalah 1,93 m dan maksimum *offset* pergerakan struktur sebesar 0,96 m terhadap *clearance crane boom*. Pada kondisi lainnya, arah pembebanan 0° simpangan maksimum yang terjadi pada barge adalah 0,52 m dan simpangan maksimum pergerakan struktur adalah 0,67 m. Pada arah pembebanan 45° simpangan maksimum pada barge adalah 0,24 m dan simpangan maksimum pergerakan struktur adalah 0,86 m. Sedangkan pada arah pembebanan 135° simpangan maksimum barge adalah 0,89 m dan simpangan maksimum struktur adalah 0,30 m, dan pada arah pembebanan 180° simpangan maksimum barge 0,12 m adalah 0,27 m.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Chakrabarti, S, *Handbook of Offshore Engineering*, 1st ed. U.K: Elsevier, 2005.
- [2] G. N. Denton, "Guidelines for Marine Lifting and Lowering," London, 2016.
- [3] F. G. Nielsen, "Lecture Notes in Marine Operations, Department of Marine Hydrodynamics," Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, 2007.
- [4] R. M. E. J, *Derrick Barge 26 Trim & Stability Book*. Singapore.: ABS Singapore, 2009.
- [5] E. B. Djatmiko, *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak*. Surabaya, Indonesia: ITS-Press, 2012.
- [6] V. Coric, I. Catipovic, and V. Slapnicar, "Floating crane response in sea waves," *Brodogradnja*, vol. 65, no. 2, pp. 111–122, 2014.
- [7] J. Beretta, Mark G, *Heavy-Lift Sling and Grommet Technology Course*. U.K: Kim Teck Leong Offshore Pte Ltd, 2005.
- [8] L. Liang, "Heavy Lift Installation Study of Offshore Structures," National University of Singapore, 2004.